

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE VETERINÁRIA

Programa de Pós-graduação em Zootecnia

**EFEITOS DE TRÊS ESTRATÉGIAS DE ALEITAMENTO SOBRE
GANHO DE PESO, DESENVOLVIMENTO RUMINAL E PERFIL
METABÓLICO E HORMONAL DE BEZERROS HOLANDESES**

BRUNA FIGUEIREDO SILPER

**Belo Horizonte
Escola de Veterinária – UFMG
2012**

Bruna Figueiredo Silper

**EFEITOS DE TRÊS ESTRATÉGIAS DE ALEITAMENTO SOBRE
GANHO DE PESO, DESENVOLVIMENTO RUMINAL E PERFIL
METABÓLICO E HORMONAL DE BEZERROS HOLANDESES**

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária
da Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial para obtenção do grau de Mestre
em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Orientadora: Sandra Gesteira Coelho

Co-orientadora: Ângela Maria Quintão Lana

Belo Horizonte
Escola de Veterinária – UFMG
2012

S585e Silper, Bruna Figueiredo, 1986-
Efeitos de três estratégias de aleitamento sobre ganho de peso, desenvolvimento ruminal e perfil metabólico e hormonal de bezerros Holandeses / Bruna Figueiredo Silper. – 2012.
96 p. : il.

Orientadora: Sandra Gesteira Coelho

Co-orientadora: Ângela Maria Quintão Lana

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Holandês (Bovino) – Nutrição – Teses. 2. Bezerro – Pesos e medidas – Teses.
3. Aleitamento – Teses. I. Coelho, Sandra Gesteira. II. Lana, Ângela Maria Quintão.
III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. IV. Título.

CDD – 636.208 5

"... a scientist must also be absolutely like a child. If he sees a thing, he must say that he sees it, whether it was what he thought he was going to see or not.
See first, think later, then test."

Douglas Adams

AGRADECIMENTOS

Em casa...

À minha mãe, por todo o amor, apoio e compreensão, e ao Pedro, pelo estímulo e empréstimos diários da caminhonete.

Ao meu pai, à Giselle e aos meus irmãos André e Sofia pelo carinho, apoio e por compreenderem a ausência neste período.

Aos meus avós Edir, Bela e Maria Rosa, por me lembrarem sempre que eu estava “estudando demais”. Pelos almoços de domingo e por todo o carinho, sempre. A toda a minha família, pelo carinho e atenção.

Ao Mateus, por ser o abraço sempre ali para qualquer necessidade. Por ter feito estes dois anos mais felizes com sua companhia.

Às minhas queridas amigas Larissa, Juliana, Rúbia e Samanta, pelas conversas e risadas que tanto me distraíram!

À Maria, que cuidou tão bem de mim durante todos esses anos.

Na segunda casa...

À professora Sandra, pela orientação e ensinamentos desde a graduação, e também pela amizade, paciência e disponibilidade.

Aos companheiros de experimento e aos estagiários, sem os quais os dias no bezerreiro teriam sido mais difíceis e menos divertidos.

Aos amigos da pós, que tornaram estes dois anos de mestrado mais leves, em especial Juliana Lima e Betânia, por me ouvirem sempre e por todos os conselhos.

Aos professores Fabíola, Marcos Bryan, Zélia, Ângela, Helton e Ronaldo pelos conselhos e ajuda no experimento, nas análises e nas dúvidas frequentes.

Aos professores Último e Lobão, pela amizade e atenção. Também a eles e aos residentes da Clínica de Ruminantes pelo auxílio no experimento e nas necropsias.

Aos funcionários dos laboratórios de Nutrição, Preventiva, Patologia Clínica (EV) e Fisiologia (ICB), por toda a ajuda, em especial Eve e Regeane. Também à Leandra Melo pela grande contribuição na contagem do índice mitótico.

Às fazendas Brejo Alegre e São João e à fazenda experimental Prof. Hélio Barbosa (Igarapé) e aos seus funcionários pelo fornecimento, auxílio e cuidado com os bezerros.

À Tortuga Cia. Zootécnica Agrária, pelo fornecimento de sucedâneo e concentrado.

À Belgo-Bekaert, pela construção da unidade experimental.

À Capes, pela bolsa concedida.

À FAPEMIG, pelo suporte financeiro para a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
2. Revisão da literatura.....	15
2.1 Desenvolvimento do trato digestivo.....	15
2.1.1 Pré-estômagos e abomaso	15
2.1.2 Intestino Delgado.....	18
2.2 Desempenho de bezerros em diferentes manejos alimentares	21
2.3 Parâmetros ruminais de bezerros em aleitamento e pós-desaleitamento	30
2.4 Perfil metabólico e hormonal de bezerros em aleitamento e pós-desaleitamento	34
3. Material e Métodos	41
3.1 Animais, instalações e manejo.....	41
3.2 Coleta de dados e amostras.....	43
3.3 Análises laboratoriais	45
3.4 Análises estatísticas.....	47
4. Resultados e Discussão	49
4.1 Considerações iniciais	49
4.2 Consumo de alimentos e desempenho.....	50
4.3 Perfil hormonal e metabólico.....	62
4.4 Desenvolvimento do trato digestivo.....	70
4.4.1 Pré-estômagos, abomaso e fermentação ruminal.....	70
4.4.2 Intestino delgado	83
4.4.3 Órgãos e gordura peri-renal	83
4.5 Análise financeira	84
5. Conclusões.....	87
6. Referências Bibliográficas.....	88
APÊNDICES	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ganho de peso médio observado em diferentes experimentos utilizando diferentes estratégias alimentares para bezerros Holandeses em aleitamento.....	23
Tabela 2. Concentração de hormônios e metabólitos em bezerros em jejum e após o aleitamento	38
Tabela 3. Níveis de garantia do sucedâneo	42
Tabela 4. Composição nutricional dos alimentos	42
Tabela 5. Concentração de proteínas totais (PT) mensurada em refratômetro e espectrofotômetro e concentração de IgG em bezerros Holandeses aos cinco dias de idade	50
Tabela 6. Consumo em kg/dia e litros/dia de sucedâneo em percentual do PV ¹ (média ± desvio-padrão) por bezerros Holandeses no primeiro e segundo meses de aleitamento.....	51
Tabela 7. Consumo de concentrado em kg MS/dia (média ± desvio-padrão) a cada mês por bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade.....	52
Tabela 8. Consumo de concentrado (kg MS/dia) (média ± desvio-padrão) por semana em bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade.....	55
Tabela 9. Ganho de peso (kg/dia) a cada mês (média ± desvio-padrão) de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	56
Tabela 10. Ganho de peso (kg/dia) (média ± desvio-padrão) a cada semana de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	58
Tabela 11. Peso mensal (kg) (média ± desvio-padrão) de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	61
Tabela 12. Concentração (média ± desvio-padrão) de glicose plasmática (mg/dL), insulina sérica (μ UI/mL), IGF-1 plasmático (ng/mL) e AGNE sérico (mmol/L) antes do fornecimento de sucedâneo a bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	64
Tabela 13. Peso (média ± desvio-padrão) dos pré-estômagos e abomaso vazios (kg) de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade.....	71
Tabela 14. Proporção dos pré-estômagos e abomaso vazios em relação ao total (média ± desvio-padrão) dos estômagos aos 30, 60 e 90 dias de idade em bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade.	72
Tabela 15. pH (média ± desvio-padrão) de conteúdo ruminal coletado diretamente do rúmen no momento da necropsia de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	73
Tabela 16. pH e concentração de N-NH ₃ (média ± desvio-padrão) de conteúdo ruminal, coletado quatro horas após a alimentação por sonda esofágica, de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	74

Tabela 17. Médias das concentrações (mmol/100mL) dos AGV acetato, propionato e butirato e da concentração total de AGV no conteúdo ruminal de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	76
Tabela 18. Proporção média de acetato, propionato e butirato em relação ao total de AGV no conteúdo ruminal de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	77
Tabela 19. Índice mitótico (IM) da camada basal do epitélio e comprimento das papilas (CP) do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	79
Tabela 20. Alterações (%) observadas no epitélio do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	79
Tabela 21. Espessura do epitélio ruminal não queratinizado e da camada de queratina do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	80
Tabela 22. Grau de espessamento da camada de queratina do epitélio do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias	80
Tabela 23. Grau de descamação da camada de queratina do epitélio do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias	81
Tabela 24. Presença de alimento entre as papilas do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias	81
Tabela 25. Pesos de fígado, gordura peri-renal, pâncreas e baço de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados aos abruptamente 60 dias de idade	84
Tabela 26. Custo por kg de peso ganho em bezerros Holandeses em aleitamento com sucedâneo de leite em três estratégias do nascimento aos 60 dias de idade	85
Tabela 27. Custo por kg de peso ganho em bezerros Holandeses desaleitados, de 60 a 90 dias de idade, que foram aleitados em três diferentes estratégias.....	85
Tabela 28. Eficiência ¹ de ganho de peso de bezerros Holandeses aleitados em três diferentes estratégias e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo médio de concentrado em kg MS/dia por bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	55
Figura 2. Ganho de peso em kg/dia de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade.....	60
Figura 3. Bezerros de 60 dias de idade que receberam quatro (esquerda) ou seis (direita) litros de sucedâneo/dia durante 60 dias	62
Figura 4. Concentração média de glicose (mg/dL) no plasma de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	65
Figura 5. Concentração de insulina (μ UI/mL) no soro de bezerros Holandeses em duas estratégias de aleitamento (4L-60d e 6L-60d) desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	66
Figura 6. Concentração média de IGF-1 (ng/mL) no plasma de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento, desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	67
Figura 7. Concentração média de AGNE (mmol/L) no soro de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento, desaleitados aos 60 dias de idade.	69
Figura 8. Proporção média de acetato (C_2), propionato (C_3) e butirato (C_4) em relação ao total de AGV no conteúdo ruminal de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade	78
Figura 9. Pré-estômagos e abomaso de bezerros de 30 (esquerda, acima), 60 (direita, acima) e 90 dias (abaixo) de idade, aleitados com seis litros de sucedâneo/dia e recebendo concentrado e água à vontade, desaleitados abruptamente aos 60 dias.....	82
Figura 10. Epitélio ruminal em aumento de 40 vezes, de bezerros de 30, 60 e 90 dias de idade, aleitados com sucedâneo e recebendo concentrado e água à vontade	82

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1. Instalação (bezerreiro argentino) na qual o experimento foi conduzido.....	95
Apêndice 2. Distribuição dos bezerros nos grupos de acordo com a data de entrada no experimento..	96

RESUMO

Os efeitos de três estratégias de aleitamento foram avaliados em 54 bezerros Holandeses. Água e concentrado foram fornecidos à vontade. As estratégias foram: 4L-60d (quatro litros – 500 g – de sucedâneo/dia por 60 dias); 6L-29d/4L-60d (seis litros – 750 g – de sucedâneo/dia nos primeiros 30 dias e quatro litros/dia – 500 g – de 31 a 60 dias) e 6L-60d (seis litros – 750 g – de sucedâneo/dia por 60 dias). O desaleitamento foi abrupto aos 60 dias. Seis animais de cada grupo foram necropsiados aos 30, 60 e 90 dias. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Consumo de concentrado, peso, ganho de peso, peso de estômagos e órgãos foram analisados em arranjo fatorial e hormônios/metabólitos em parcelas subdivididas, médias testadas por SNK ($P=0,05$). Peso inicial e imunidade passiva foram semelhantes entre grupos ($P>0,05$). O consumo de sucedâneo no primeiro mês foi inferior ao oferecido. O consumo de concentrado foi semelhante entre os grupos ($P>0,05$) e aumentou com a idade ($P<0,05$). O maior ganho de peso ocorreu no grupo 6L-60d ($P<0,05$). O ganho de peso aumentou a cada semana, exceto na semana dois devido à diarreia, e na cinco no grupo 6L-29d/4L-60d devido à redução de sucedâneo oferecido. As concentrações de glicose, AGNE e IGF-1 foram semelhantes ($P>0,05$). A concentração de insulina foi maior no grupo 6L-60d ($P<0,05$). Insulina e glicose aumentaram e AGNE reduziu com a idade ($P<0,05$). O desenvolvimento ruminal foi semelhante entre os grupos. A estratégia 6L-60d resultou em maior ganho de peso e eficiência alimentar, sem redução no consumo de concentrado ou prejuízos ao desenvolvimento ruminal.

Palavras-chave: concentrado, glicose, papila, sucedâneo

ABSTRACT

The effects of three milk feeding strategies were evaluated in 54 Holstein calves. Water and starter were provided at all times. Milk feeding strategies were: 4L-60d (four liters – 500 g – of milk replacer/day during 60 days); 6L-29d/4L-60d (six liters – 750 g – of milk replacer/day on the first 30 days and four liters – 500 g – of milk replacer/day from 30 to 60 days old) and 6L-60d (six liters – 750 g – of milk replacer/day during 60 days). Weaning was abrupt at 60 days old. Six calves in each group were euthanized at 30, 60 and 90 days old. A completely randomized design was used for statistical analysis. Starter intake, weight, weight gain, stomachs and organs weight were analyzed in a factorial model and hormones/metabolites with random and repeated methods of a mixed procedure; means tested with SNK ($P=0.05$). Initial weights and passive immunity weren't different ($P>0.05$). During the first month, milk replacer consumption was less than the quantity offered. Starter intake was not different between groups ($P>0.05$) and increased with age ($P<0.05$). Weight gain was higher in group 6L-60d ($P<0.05$). Weight gain increased each week, except on week two because of diarrhea, and week five only in group 6L-29d/4L-60d because of the reduction in milk replacer allowance. Glucose, NEFA and IGF-1 weren't influenced by milk feeding strategy ($P>0.05$). Insulin concentration was higher in group 6L-60d ($P<0.05$). Glucose and insulin got higher and NEFA lower with age ($P<0.05$). Ruminal development was similar between groups. Strategy 6L-60d resulted in higher weight gain and feed efficiency, without reduction of starter intake and ruminal development.

Key words: glucose, milk replacer, papillae, starter

1. Introdução

A recria de bezerras para reposição em rebanhos leiteiros é uma etapa de alto custo, principalmente devido ao período de aleitamento dos animais. Como tentativa de redução do investimento nesta fase de criação e também com o objetivo de adiantar o início do consumo de alimentos sólidos, é comum no Brasil o fornecimento de quatro litros de leite/dia ou oito a 10% do peso do bezerro até a idade de 60 dias.

Bezerros que receberam leite à vontade consumiram até 10 kg/dia (Jasper e Weary, 2002; Sweeney et al., 2010) e bezerros criados mamando na mãe em dois turnos de duas horas por dia ingeriram 6,5 kg/dia na primeira semana de vida e 12,5 kg/dia na nona semana (de Passillé et al., 2008). É perceptível que a quantidade tradicionalmente fornecida é baixa comparada aos valores relatados para ingestão à vontade. O aleitamento a 10% do peso do bezerro é frequentemente associado a baixo desempenho em ganho de peso e eficiência alimentar (Davis e Drackley, 1998; Khan et al., 2007a) quando comparado a fornecimentos à vontade de 16 a 20% do peso do bezerro. Os modelos de fornecimento de leite em grandes quantidades nas primeiras semanas de vida têm sido denominados “crescimento acelerado”, “nutrição intensificada” ou “crescimento biologicamente apropriado” e consistem no fornecimento do dobro de leite ou sucedâneo em relação aos sistemas convencionais (Drackley, 2008). Segundo Diaz et al. (2001), bezerros em aleitamento tem capacidade de ingerir quantidade de leite ou sucedâneo maior que a fornecida pela maioria dos produtores e podem apresentar eficiência alimentar semelhante à observada para leitões e cordeiros quando a ingestão de nutrientes não limita o crescimento.

O maior ganho de peso na fase inicial resultante do maior fornecimento de leite permite reduzir a idade ao primeiro parto, aumentando a produtividade por dia de vida do animal no rebanho (Heinrich et al., 1993). O fornecimento de sucedâneo em maior quantidade, ou a utilização de sucedâneos com maior quantidade de sólidos ou maior teor de proteína pode resultar em maior ganho de peso durante e após a fase de aleitamento, reduzindo a idade ao primeiro parto (Raeth-Knight et al., 2009). Shamy et al. (2005) relataram menor idade à puberdade e maior produção de leite corrigida para 3,5% de gordura em bezerras que receberam leite à vontade, comparadas a bezerras que receberam 450 g sucedâneo/dia. Esta diferença não deve ser atribuída apenas ao tipo de dieta líquida, e sim à diferença em ingestão de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia metabolizável (EM) imposta pelas estratégias de aleitamento adotadas. Bezerras alimentadas com sucedâneo com maior teor de proteína e gordura e em quantidade superior à convencionalmente utilizada foram mais precoces à puberdade e ao primeiro parto, além de apresentarem tendência a maior produção de leite na primeira lactação, quando comparadas a bezerras aleitadas com sucedâneo de forma convencional (Davis Rincker et al., 2011). Os efeitos sobre idade ao primeiro parto e produção de leite na primeira lactação, estão, portanto, mais relacionados à quantidade de nutrientes ingerida do que ao tipo de dieta líquida utilizada.

O fornecimento de leite em grandes quantidades resulta, no entanto, em menor consumo de concentrado (Jasper e Weary, 2002; de Passillé et al., 2008) e conseqüentemente pode estar relacionado a menor desenvolvimento ruminal durante a fase de aleitamento. Kristensen et al. (2007) observaram maior desenvolvimento ruminal em bezerros recebendo menor quantidade de sucedâneo de leite, mas não houve alterações no ambiente ruminal. O aleitamento com maior volume de leite/dia é muitas vezes associado a aumento na incidência de diarreias, o que não foi observado por Jasper e Weary (2002) e Khan et al. (2007a). Quanto à incidência de outras patologias, como as doenças respiratórias, é possível que haja redução com o fornecimento de leite em quantidade que não prejudique o desenvolvimento ruminal, uma vez que o melhor *status* energético do animal leva a maior capacidade de resposta imune (Woodward, 1998).

Pesquisas recentes têm buscado alternativas para aumentar o fornecimento do leite sem perdas em consumo de concentrado e sem redução no desenvolvimento ruminal. Estratégias utilizadas com estes objetivos são, por exemplo, o desaleitamento gradual (Sweeney et al., 2010) e o aleitamento em “*step-down*” (Khan et al., 2007a).

Para redução dos custos da fase de aleitamento, uma alternativa é a utilização de sucedâneo de leite. É possível alcançar ganhos de peso semelhantes aos do aleitamento com leite integral utilizando sucedâneos de boa qualidade quando as comparações são feitas em mesma ingestão de nutrientes (Davis e Drackley, 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar, até a idade de 90 dias, ganho de peso, consumo de concentrado, perfil metabólico e hormonal e desenvolvimento ruminal e intestinal de bezerros aleitados com sucedâneo de leite em três estratégias durante 60 dias de aleitamento e mais 30 dias após o desaleitamento, em condição de criação representativa daquela observada em fazendas no estado de Minas Gerais, além da avaliação financeira das estratégias utilizadas.

2. Revisão da literatura

2.1 Desenvolvimento do trato digestivo

2.1.1 Pré-estômagos e abomaso

Os quatro compartimentos do estômago dos ruminantes – rúmen, retículo, omaso e abomaso - são originados do equivalente embrionário de um estômago simples. Rúmen, retículo e omaso, no entanto, são aglandulares e apenas o abomaso possui mucosa glandular (Hofmann, 1993). O epitélio ruminal é classificado como escamoso estratificado queratinizado, e possui numerosas papilas que se projetam para o lúmen. Abaixo da lâmina própria, devido à ausência de camada muscular, forma-se a lâmina própria-submucosa, que está presente também no interior das papilas e apresenta vênulas, capilares e arteríolas. A túnica muscular é composta por duas camadas musculares, a interna circular e a externa longitudinal (Hofmann, 1993; Samuelson, 2007). O epitélio ruminal é formado por quatro camadas de células, distribuídas da seguinte forma em direção ao lúmen: estrato basal, estrato espinhoso, estrato granuloso e estrato córneo. As células do estrato basal sofrem diversas transformações, como acúmulo de grânulos e filamentos no citoplasma e degeneração do núcleo, até chegarem ao estrato córneo. Nesta camada, as células são queratinizadas, mas as condições saturadas do rúmen mudam de certa forma a natureza insolúvel da queratina, tornando-a mais permeável a substâncias hidrossolúveis. A superfície queratinizada do epitélio ruminal fornece então proteção contra abrasão e invasão de microrganismos, mas também tem boa capacidade absorptiva (Lyford, 1993).

Ao nascimento e durante o período de aleitamento, o abomaso é o compartimento predominante. As proporções ao nascimento para retículo-rúmen, omaso e abomaso são, respectivamente, 38%, 13% e 49% e passam para 67%, 18% e 15% no animal adulto (Hofmann, 1993; Davis e Drackley, 1998). O crescimento dos bezerros pode ser dividido em três fases, de acordo com o desenvolvimento dos pré-estômagos: não ruminante (até três semanas de idade), fase de transição (três a oito semanas de idade) e ruminante adulto (a partir de oito semanas de idade) (Lyford, 1993).

Brownlee (1956) observou ausência de desenvolvimento de epitélio ruminal em bezerros alimentados apenas com leite até 12 semanas de idade. Comparando bezerros alimentados apenas com leite ou com leite e feno, gramínea fresca ou concentrado, foi relatado que a altura das papilas aumentou nesta ordem, sendo os valores 0,5; 0,7; 0,8 cm em média para os grupos feno, gramínea fresca e concentrado, respectivamente. O peso da camada mucosa do rúmen também aumentou nesta ordem, demonstrando a dependência da ingestão de alimentos sólidos para o desenvolvimento do epitélio ruminal, assim como sua relação positiva com o valor energético da dieta. O peso da camada muscular do rúmen, no entanto, foi maior no grupo alimentado com leite e gramínea fresca.

O desenvolvimento dos pré-estômagos em tamanho, peso, musculatura e capacidade absorptiva começa assim que o bezerro inicia o consumo de alimentos sólidos. Os alimentos sólidos devem ser rapidamente fermentáveis no rúmen e devem ter como produtos da fermentação pela população microbiana principalmente os ácidos propiônico e butírico. Estes ácidos graxos voláteis (AGV) são os que possuem maior efeito na estimulação do crescimento e diferenciação do epitélio ruminal por serem metabolizados ao serem absorvidos (Davis e Drackley, 1998). Sanderet al. (1959) relataram maior estímulo ao crescimento da mucosa ruminal por soluções de butirato ou propionato infundidos diretamente no rúmen, em relação a animais controle ou que receberam infusões de cloreto de sódio, glicose ou acetato. Sanderet al. (1959) hipotetizaram então que a intensidade de estímulo ao crescimento da mucosa ruminal estaria relacionada à atividade fisiológica ou bioquímica destes compostos ao atravessarem o epitélio ruminal. Segundo Bergman (1990), 90% do butirato e 50% do propionato produzidos no rúmen são metabolizados pelo epitélio em ovelhas. Nos bovinos o metabolismo de propionato é menor que nos ovinos. O efeito destes AGV sobre o crescimento das papilas pode ser relacionado a aumento do fluxo sanguíneo e também ao efeito direto sobre expressão gênica no epitélio ruminal (Baldwin et al., 2004). Costa et al. (2008) observaram que infusões de butirato ou propionato no rúmen de bezerros alimentados exclusivamente com leite induziram aumento no peso do rumino-retículo, ainda que inferior ao aumento observado em animais alimentados de forma convencional. Esses autores relatam também que o AGV com maior efeito sobre crescimento das papilas foi o propionato. Zitnanet al. (2005) observaram correlação positiva entre propionato e tamanho e superfície de papilas por cm² de mucosa, mas não entre butirato e estes parâmetros. Assim, alimentos concentrados, compostos principalmente por grãos rapidamente fermentáveis no rúmen são os principais responsáveis pelo desenvolvimento dos pré-estômagos em bezerros. Segundo Baldwin et al. (2004), bezerros alimentados apenas com leite têm rúmen com menor peso e volume, menor crescimento de papilas, menor queratinização e pigmentação do epitélio e menor desenvolvimento muscular em relação a bezerros que receberam grãos/feno durante o período de aleitamento.

Se o fornecimento de maior quantidade de leite resultar em menor consumo de concentrado, pode levar a atraso no desenvolvimento dos pré-estômagos, o que terá como principal consequência perda de peso após o desaleitamento e logo perda da vantagem em peso obtida com o fornecimento de maior volume diário de leite na fase de aleitamento. Segundo Davis e Drackley (1998), bezerros aleitados com leite a 14% do peso vivo (PV) ganharam mais peso até o desaleitamento quando comparados a bezerros recebendo de 8 a 12% do PV em leite. Após o desaleitamento, no entanto, o ganho foi inferior supostamente devido a menor desenvolvimento do retículo-rúmen. Lyford (1993) relata que a taxa de desenvolvimento dos pré-estômagos depende da quantidade de leite ingerida e da disponibilidade de alimentos rapidamente fermentáveis, e que o sucesso do processo de desaleitamento está relacionado a essa taxa de desenvolvimento dos pré-estômagos, ao tamanho do rumino-retículo e à capacidade de fermentação dos alimentos ingeridos.

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 ao desaleitamento, vários pesquisadores propuseram o aleitamento em volumes crescentes nas primeiras semanas de vida, seguido pela redução gradual deste volume até o desaleitamento (Davis e Drackley, 1998).

Kristensen et al. (2007) observaram que, em bezerros de duas a cinco semanas de idade alimentados com sucedâneo em quatro quantidades diferentes (3,10; 4,84; 6,60 e 8,34 L de sucedâneo/dia – 12,3% MS) e concentrado à vontade, houve maior consumo de concentrado nos grupos com menor ingestão de sucedâneo, de forma que a ingestão de energia metabolizável (EM) foi igual entre os grupos. A diferença na ingestão de concentrado (média de 756g/dia como menor volume de sucedâneo e 287 g/dia com o maior volume) observada neste trabalho não resultou, no entanto, em grandes mudanças no desenvolvimento ruminal. O peso dos pré-estômagos em relação ao PV reduziu linearmente com o aumento do fornecimento de sucedâneo, mas a altura das papilas nos sacos cranial e ventral foi igual entre os grupos. Khan et al. (2007b), utilizando aleitamento em “*step-down*” para bezerros até 49 dias de idade, observaram menor consumo de concentrado durante o período de maior volume de leite (até 28 dias de idade). No período seguinte, no qual a quantidade fornecida foi igual à do grupo controle e no período pós-desaleitamento, o consumo de concentrado do grupo que recebeu maior quantidade de leite nas primeiras semanas foi superior ao do grupo controle. Esse maior consumo desde o momento da redução da quantidade de leite (28 dias de idade) resultou em maior desenvolvimento físico e metabólico do rúmen, demonstrado pelo maior peso e espessura da parede do rúmen, com papilas mais altas, largas e concentradas.

Segundo Brownlee (1956), bezerros em aleitamento demonstram necessidade de ingestão de alimentos sólidos, o que pode ser percebido pela ingestão da cama quando apenas leite é fornecido. O fornecimento exclusivo de concentrado como alimento sólido, no entanto, resultou em lesões no epitélio ruminal, não observadas nos demais animais alimentados com feno ou gramíneas frescas. O efeito da utilização de concentrado junto a uma fonte de fibra sobre o desenvolvimento ruminal não foi testado no experimento de Brownlee (1956). Segundo Davis e Drackley (1998), o tamanho da fibra é mais importante que o conteúdo de fibra do concentrado para bezerros em aleitamento. A utilização de concentrados de maior granulometria e que estimulem a movimentação ruminal pode ser uma alternativa para evitar a ocorrência de lesões sem perda em desempenho dos bezerros.

O consumo de grande quantidade de concentrado pode levar a lesões no epitélio ruminal, devido a menor ruminação, grande produção de AGV e redução da relação acetato:propionato (Garret et al., 1961). A lesão do epitélio caracterizada por queratinização incompleta, com presença de núcleos nas células do estrato córneo, além da ausência de estrato granuloso é denominada paraqueratose. Esta alteração pode ser consequência tanto de aumento na proliferação celular quanto de migração alterada das células epiteliais do estrato basal. Já a hiperqueratose é o espessamento excessivo dos estratos córneo e granuloso, com migração reduzida de células do estrato basal (Lyford, 1993). A inclusão de feno na dieta como forma de aumentar o conteúdo de fibra e estimular ruminação e salivação não foi eficiente em evitar lesões como paqueratose e hiperqueratose no epitélio ruminal, devido ao baixo consumo deste volumoso quando o concentrado foi fornecido à vontade, em experimento com fornecimento de quantidade restrita de leite (Coelho, 1999). Já Khan et al. (2007b) relataram aumento do

peso do retículo-rúmen vazio e ausência de lesões como paraqueratose e ruminite em bezerros alimentados com concentrado e feno à vontade e dieta líquida em “*step-down*” começando com aproximadamente oito L/dia. O feno do experimento de Khan et al. (2007b) provavelmente apresentava melhor qualidade, dado o maior teor de PB e menores teores de FDN e FDA em relação ao utilizado por Coelho (1999). Além disso, o consumo de feno em g/dia foi maior no experimento de Khan et al. (2007b), o que pode ter contribuído para melhor ambiente ruminal e menor incidência de lesões no epitélio ruminal.

As mudanças na degradação dos alimentos que ocorrem devido ao desenvolvimento dos pré-estômagos e ao estabelecimento da fermentação microbiana e absorção de AGV afetam o metabolismo dos bezerros. Butirato e propionato estimulam o crescimento do epitélio ruminal por serem metabolizados durante sua absorção (Davis e Drackley, 1998). A produção de AGV aumenta a atividade metabólica do epitélio ruminal, aumentando a produção de β -hidroxi-butirato (β HOB) por unidade de alimento ingerido. Assim, a concentração de cetonas (β HOB e aceto-acetato) na circulação aumenta com o consumo de alimentos sólidos. A redução da concentração de glicose e ácidos graxos não esterificados (AGNE) no plasma com o avançar da idade também é consequência do aumento da ingestão de concentrado e indicam desenvolvimento ruminal (Quigley et al., 1991). Zitnan et al. (2005) observaram correlação negativa entre concentração de insulina e comprimento e área das papilas ruminais, e correlação negativa também entre insulina e proporção molar de propionato no rúmen. Estas observações demonstram que a mudança de metabolismo que acompanha a transição de não ruminante para ruminante, com redução das concentrações de glicose e insulina circulantes, está correlacionada ao desenvolvimento do epitélio ruminal. Khan et al. (2007b) relataram aumento de β HOB com a idade em bezerros em aleitamento, sendo que o grupo com maior consumo de concentrado apresentou maior concentração de β HOB no plasma ($P < 0,05$), além de menor concentração de glicose e AGNE no soro, indicando produção de AGV no rúmen e mudança do perfil glicolítico para gliconeogênico, características do metabolismo de ruminantes adultos.

2.1.2 Intestino Delgado

Os bovinos possuem intestino de comprimento considerável, em proporção de 22-30:1 em relação ao comprimento do corpo. Ruminantes como os bovinos, que possuem rúmen subdividido e de grande capacidade, tem menor proporção de intestino grosso em relação ao intestino delgado (Hofmann, 1993). O intestino delgado é caracterizado por epitélio simples colunar, composto em maior parte por enterócitos, que são as células absorptivas, e células caliciformes. A superfície de absorção é aumentada pelas microvilosidades presentes na superfície dos enterócitos (borda em escova), além das vilosidades e dobras do intestino que também contribuem para a grande superfície absorptiva. Nos ruminantes, as dobras permanecem, independente do preenchimento do lúmen intestinal por ingesta, o que mantém a grande área de absorção. As vilosidades são mais desenvolvidas no duodeno e possuem lâmina própria com capilares, vasos linfáticos, células plasmáticas, linfócitos e fibras

musculares. Entre duas vilosidades adjacentes o epitélio invagina sobre a lâmina própria, formando as criptas intestinais (criptas de Lieberkühn). Os enterócitos e células caliciformes são repostos por células formadas nas criptas e na base das vilosidades, que migram para o ápice das vilosidades (Samuelson, 2007). Segundo Hofmann (1993), o número de células caliciformes aumenta do duodeno em direção ao intestino grosso. Velayudhanet al. (2008) observaram, em bezerras aleitadas com sucedâneo, vilosidades intestinais mais compridas no duodeno e jejuno, e mais curtas no íleo, além de ausência de diferença em profundidade das criptas e circunferência das vilosidades entre as três porções do intestino delgado. Abaixo do epitélio se encontram a lamina própria, caracterizada por tecido conjuntivo bem vascularizado, e a lâmina muscular, seguida pelas túnicas submucosa, muscular e serosa. Nódulos linfáticos isolados e agregados (placas de Peyer) estão presentes na túnica submucosa do íleo até o ceco. A túnica muscular do intestino delgado é fina e composta por uma camada circular interna e outra longitudinal externa (Hofmann, 1993; Samuelson, 2007).

O peso dos tecidos do trato digestivo proporcionalmente ao peso do animal aumenta nas primeiras semanas de vida, devido principalmente ao crescimento dos pré-estômagos e do intestino delgado. O comprimento intestinal aumenta rapidamente nos estágios finais de crescimento fetal e nas primeiras semanas de vida pós-natal, sendo o maior crescimento nas primeiras nove semanas (Lyford, 1993).

O intestino delgado de bezerros neonatos é caracterizado por alta atividade de lactase, baixa atividade de celobiase e maltase, e ausência de atividade de sacarase (Lyford e Huber, 1993). Devido a essa baixa concentração de carboidrases, com exceção da lactase, a utilização de carboidratos é reduzida (Davis e Drackley, 1998). A atividade da lactase reduz 25% nos primeiros oito dias de vida, enquanto a atividade da maltase aumenta 40%. Estas mudanças são relacionadas à renovação do epitélio intestinal. A atividade da lactase continua decrescente com a idade, apesar da menor redução nos animais não desaleitados (Lyford e Huber, 1993). Toofanianet al. (1973) observaram aumento significativo da atividade da α -amilase entre sete e 63 dias de idade, demonstrando maior capacidade de digestão intestinal de alimentos ricos em amido com o avançar da idade. A digestão proteica, iniciada no abomaso pelas enzimas renina e pepsina, continua no intestino delgado pela ação de proteases pancreáticas e peptidases intestinais e pancreáticas (Davis e Drackley, 1998). A captação de aminoácidos no intestino delgado é mais rápida para peptídeos do que para aminoácidos isolados. Peptídeos com mais de dois aminoácidos provavelmente são quebrados na borda em escova da mucosa intestinal, enquanto dipeptídeos são hidrolisados intracelularmente. Dipeptidases e dissacaridases tem alta atividade nas porções apical e média das vilosidades e baixa atividade na região das criptas (Lyford e Huber, 1993). A digestão dos lipídeos no intestino ocorre pela ação da lipase pancreática. Os ácidos graxos de cadeia curta, que representam grande parte dos lipídeos do leite bovino, são extensamente digeridos pela lipase salivar. Os ácidos graxos de cadeia longa, no entanto, são pouco hidrolisados por esta enzima e chegam ao duodeno praticamente intactos e são então hidrolisados pela lipase pancreática. A emulsificação e homogeneização da gordura dos alimentos em partículas menores que 10 μm aumenta a digestão e absorção intestinais pelos neonatos (Davis e Drackley, 1998).

Durante o desenvolvimento do trato digestivo dos bezerros, as maiores mudanças são observadas nos pré-estômagos. No entanto, alterações em massa e metabolismo intestinal também ocorrem e podem estar relacionadas às dietas fornecidas, com diferentes tipos de alimentos e nutrientes fornecidos aos bezerros alterando a proliferação celular e a utilização dos mesmos pelo intestino. Devido à necessidade de digestão e absorção dos nutrientes da dieta líquida nas primeiras semanas de vida, ocorre rápida proliferação do tecido intestinal durante a vida fetal e logo após o nascimento (Baldwin et al., 2004). Segundo Morisset (1993), a resposta do trato digestivo a demandas relacionadas à digestão e absorção depende de proliferação e diferenciação celular. A substituição, ou renovação, das células secretórias e absorptivas, com mudanças nas proporções de enzimas digestivas, representa o meio pelo qual o trato gastrointestinal se adapta às mudanças na necessidade de assimilação de nutrientes. O aumento ou a redução na atividade enzimática é devido à substituição de enterócitos com determinadas enzimas na borda em escova por outros com diferente perfil enzimático. A maturação intestinal é, portanto, relacionada aos eventos que ocorrem nas células em proliferação nas criptas (Morisset, 1993).

Segundo Baldwin et al. (2004), a regulação do crescimento intestinal é complexa, uma vez que é influenciada tanto por hormônios tróficos e metabólicos quanto pelos fatores químicos e físicos da dieta. Baseado em relatos anteriores, os autores sugerem que o crescimento do tecido intestinal está relacionado a fatores nutricionais e fisiológicos, e não simplesmente ao suprimento de energia da dieta. O desenvolvimento intestinal é dependente de fatores como o fator de crescimento epidermal e o fator transformador de crescimento- α . Hormônios como secretina e colecistoquinina também têm efeitos proliferativos sobre a mucosa intestinal, e outros como a somatostatina inibem seu crescimento. A insulina também é importante regulador do crescimento e da maturação enzimática do intestino (Morisset, 1993; Baldwin et al., 2004). Segundo Velayudhan et al. (2008), insulina e IGF-II estão relacionados à diferenciação das células epiteliais, enquanto IGF-I influencia a proliferação das células das criptas intestinais.

Segundo Górkæt al. (2011), o aleitamento com sucedâneo tem efeitos negativos sobre o desenvolvimento intestinal, principalmente sobre a maturação do epitélio. Animais alimentados até 26 dias de idade com leite apresentaram intestino delgado mais pesado em relação àqueles que receberam sucedâneo, além de maior comprimento do íleo, maior profundidade das criptas no jejuno e menor índice apoptótico epitelial. O tipo de dieta líquida fornecida alterou pouco a atividade das enzimas da borda em escova, sendo as diferenças apenas em maior atividade de aminopeptidase N e maltase no jejuno dos bezerros que receberam leite. Leite e sucedâneo foram fornecidos em 1% do peso ao nascimento em sólidos totais, o que não evitou diferença significativa em ingestão de PB e EM/dia. Ainda, o sucedâneo apresentava substituição de 60% da proteína por proteína concentrada de soja para garantir menor desenvolvimento intestinal, segundo os autores. Os efeitos de sucedâneos com diferentes fontes proteicas, incluindo maior parte de proteínas de origem láctea, ou diferentes processamentos de soja, podem ter resultados diferentes.

Vieira (2005) observou que a substituição de 64,4 ou 54,5% do leite integral em pó por soro de leite ou soja micronizada, respectivamente, durante 30 dias de aleitamento, não alterou a

morfologia e capacidade absorptiva do intestino delgado, além de não ter aumentado o conteúdo de matéria seca das fezes em relação a bezerros recebendo leite em pó. A substituição de 100% do leite integral em pó por soro de leite resultou em menor desenvolvimento do intestino delgado, e como consequência menor ganho de peso ($P < 0,05$), apesar do mesmo consumo de concentrado e feno entre os grupos ($P > 0,05$).

A nutrição pode modificar as taxas de desenvolvimento e a estrutura do trato gastrointestinal, o que está relacionado à regulação do desenvolvimento intestinal e maturação dos enterócitos pelos componentes do eixo somatotrófico (Velayudhanet al., 2008). Velayudhanet al. (2008) compararam o desenvolvimento intestinal com diferentes formulações e quantidades de sucedâneos, todos contendo proteínas do soro como principal fonte proteica (controle: 20% PB e 20% gordura, 450 g/dia; alta proteína: 28% PB, 20% gordura, 970 g/dia; alta proteína e gordura: 28% PB e 28% gordura, 970 ou 1.460 g/dia) e relataram ausência de diferença na expressão intestinal de RNAm para GHR, IGF-1, IGF-1R e IGFBP-1, IGFBP-2 e IGFBP-6, além de ausência de correlação entre IGF-1 sérico e expressão de RNAm de IGF-1 no intestino. Não houve efeito dos diferentes sucedâneos e taxas de fornecimento no desenvolvimento da mucosa intestinal, mas diferenças entre duodeno, jejuno e íleo foram observadas. Os autores concluíram que as diferenças observadas em morfologia nas diferentes porções do intestino delgado de bezerras em aleitamento estão relacionadas às variações em expressão local de genes do eixo somatotrófico, apesar de o tipo de sucedâneo utilizado não resultar em alterações na expressão gênica ou no desenvolvimento do epitélio intestinal.

Górkaet al. (2011) encontraram correlação positiva significativa entre peso de intestino delgado e retículo-rúmen ($r = 0,47$), além de correlação positiva entre enzimas da borda em escova (lactase, maltase e aminopetidases A e N) e peso do retículo-rúmen em bezerros de 26 dias de idade. Os autores sugerem que o tipo de dieta líquida e sua composição podem alterar indiretamente o desenvolvimento ruminal pela modulação do desenvolvimento intestinal. Este feito, no entanto, pode estar relacionado à idade de avaliação (26 dias), quando o consumo de concentrado ainda é baixo e há pouco desenvolvimento ruminal e à formulação do sucedâneo utilizado. O efeito negativo indireto do tipo de dieta líquida sobre o desenvolvimento ruminal observado no trabalho de Górkaet al. (2011) pode estar relacionado aos efeitos da dieta líquida sobre crescimento, ingestão de concentrado e metabolismo dos bezerros, assim como às diferenças em ingestão de PB e EM.

2.2 Desempenho de bezerros em diferentes manejos alimentares

Em revisão sobre efeitos da quantidade de leite sobre a ingestão de alimentos sólidos, desaleitamento e desempenho de bezerros, Khan et al. (2011) mostraram pesquisas do início do século XX que abordam a criação de bezerros utilizando leite em quantidade reduzida (10% do PV) para estimular o consumo de alimentos sólidos e possibilitar o desaleitamento precoce, em torno de sete a oito semanas de idade. Pouco depois, o fornecimento de forragem passou a ser questionado por reduzir o consumo de concentrado e levar a menor taxa de ganho

de peso. Com isso, durante muito tempo o fornecimento de leite em quantidades restritas com concentrado à vontade foi utilizado na recria de bezerras. No Brasil, ainda é comum o fornecimento de leite em pequena quantidade. Lucci (1989) cita a utilização de 160 a 200 kg de leite/animal para desaleitamento entre cinco a oito semanas de idade, ou oito a 10% do peso vivo, também com o objetivo de estimular o consumo precoce de alimentos sólidos. Lucci (1989) relata que a restrição no fornecimento de leite “... faz com que o animal, motivado pela fome, ingira a mistura iniciadora”. O consumo de concentrado, no entanto, é muito pequeno nas primeiras duas semanas, independente da quantidade de leite ou sucedâneo disponível (Jasper e Weary, 2002; Khan et al., 2007a; Sweeney et al., 2010). Segundo Van Amburgh (2003), apenas após o primeiro mês de idade os bezerros são capazes de ingerir alimentos sólidos em quantidade suficiente para suprir a demanda de energia metabólica. Segundo Drackley (2008), a obtenção de consumo de concentrado precocemente é um fator chave limitante no que se refere à nutrição de bezerros. Para isso, 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.

O fornecimento de leite em pequena quantidade nas primeiras semanas resulta em ganho de peso insatisfatório e desempenho e conversão alimentar ruins (Bartlett et al., 2006). O volume tradicionalmente utilizado, 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). Bezerros recebendo leite à vontade ingerem 10 kg/dia em média até 40 dias de idade (Jasper e Weary, 2002; Sweeney et al., 2010), valor superior ao equivalente de oito a 10% do PV tradicionalmente fornecido. Segundo Davis e Drackley (1998), a maior ingestão de leite fornece nutrientes muito acima do necessário para manutenção, permitindo maior ganho de peso e aumentando a eficiência alimentar. Os resultados apresentados na tabela 1 mostram o quanto é possível aumentar o ganho de peso com o fornecimento de maior quantidade de leite ou sucedâneo. A observação de que bezerros recebendo leite à vontade, ou em grandes volumes, ganham mais peso e são mais eficientes em conversão alimentar tem estimulado pesquisas sobre como fornecer maior quantidade de leite sem perdas em desenvolvimento do rúmen e ganho de peso pós-desaleitamento.

Para que não ocorra prejuízo ao desenvolvimento ruminal, é necessário que a estratégia de aleitamento não resulte em redução significativa no consumo de concentrado no período pré-desaleitamento. Pesquisas com fornecimento de leite à vontade relatam redução do consumo de concentrado (Appleby et al., 2001; Jasper e Weary, 2002). Appleby et al. (2001) forneceram leite de descarte a 10% do PV em balde ou à vontade em alimentadores automáticos. Os autores relataram consumo insignificante de concentrado nos primeiros 21 dias em ambos os grupos. Na quarta semana, o primeiro grupo consumiu 250 g/dia e o segundo 110 g/dia ($P < 0,001$). Jasper e Weary (2002) também relatam o consumo de aproximadamente o dobro de concentrado pelo grupo recebendo 10% do PV comparado a bezerros em aleitamento à vontade. Já no período de desaleitamento gradual e após o desaleitamento, o consumo foi igual entre os grupos ($P > 0,05$).

Khan et al. (2007a) avaliaram o desempenho de bezerros em aleitamento convencional (10% do PV) ou em “*step-down*”, método caracterizado pelo fornecimento de 20% do PV em leite

até 28 dias de idade e de 10% do PV no período seguinte. Para ambos os grupos a desmama foi realizada de forma gradual entre 46 e 50 dias de idade. Os autores observaram maior ganho de peso durante todo o período experimental, incluindo a fase pós-desaleitamento no grupo em “*step-down*” ($P < 0,05$). Este maior ganho de peso foi consequência da maior ingestão de leite nas primeiras semanas, e apesar do menor consumo de concentrado durante este período, resultou em consumo significativamente maior durante o restante do período de aleitamento e também após o desaleitamento. Os autores ressaltam que a quantidade de leite fornecida foi semelhante ao que é consumido quando não há restrição à ingestão.

Tabela 1. Ganho de peso médio observado em diferentes experimentos utilizando diferentes estratégias alimentares para bezerros Holandeses em aleitamento

Dieta Líquida	Idade	Dieta sólida	Ganho de peso (kg/dia)*	Referência
Leite de descarte; 10% PV	1 a 14 dias (P1) e 14 a 28 dias (P2)	Concentrado (22% PB) à vontade	P1 = 0,360 ^b P2 = 0,580 ^b	Appleby et al. (2001)
Leite de descarte; à vontade	1 a 14 dias (P1) e 14 a 28 dias (P2)	Concentrado (22% PB) à vontade	P1 = 0,850 ^a P2 = 0,790 ^a	
Leite de descarte; 10% PV	1 a 36 dias	Concentrado (21,6% PB) à vontade	0,480 ^b	Jasper e Weary (2002)
Leite de descarte; à vontade	1 a 36 dias	Concentrado (21,6% PB) à vontade	0,780 ^a	
Sucedâneo (22% PB); 1,25% PV (em MS)	14 a 49 dias	Sem concentrado e volumoso	0,409 ^b	Bartlett et al. (2006)
Sucedâneo (22% PB); 1,75% PV (em MS)	14 a 49 dias	Sem concentrado e volumoso	0,690 ^a	
Leite; 10% PV	1 a 50 dias	Concentrado (22,4% PB) e feno à vontade	0,408 ^b	Khan et al. (2007a)
Leite; 20% PV até 25 dias e 10% PV de 25 a 50 dias	1 a 50 dias	Concentrado (22,4% PB) e feno à vontade	0,710 ^a	

*Letras diferentes na coluna entre os tratamentos de uma mesma referência indicam diferença estatística ($P < 0,05$).

O fornecimento de leite sem restrições, em alimentadores automáticos, permite o ajuste às preferências de aleitamento de cada animal, tanto em quantidade quanto em horários de alimentação (Appleby et al., 2001). Desta forma, pode-se esperar em bezerros recebendo leite em maior quantidade, mas em volumes e horários restritos, menor efeito sobre o consumo de concentrado, já que pode haver ocasiões de fome em que o leite não está disponível para o animal.

Da mesma forma em que há redução no consumo de concentrado quando o leite é fornecido em grande quantidade, há compensação em ingestão de concentrado quando o volume de leite fornecido é restrito. Kristensen et al. (2007) observaram substituição do leite por concentrado no grupo que recebeu 3,10 L de sucedâneo/dia (12,3% MS), o que foi evidenciado pela ingestão de EM total deste grupo, que passou da mais baixa entre os tratamentos na segunda semana para o mesmo valor observado para o tratamento de 8,34 L/dia na quinta semana de idade (interação significativa entre semana e tratamento). A variação no consumo de concentrado, devido aos diferentes tratamentos (3,10; 4,84; 6,60 e 8,34 L sucedâneo/dia), apesar de significativa, não resultou em grandes alterações no ambiente ruminal. O ganho de peso foi igualado ao dos demais grupos pelo maior consumo de concentrado apenas nas últimas semanas de avaliação (quarta e quinta semanas) nos dois tratamentos de menor quantidade de sucedâneo. Já Quigley et al. (1991) observaram consumo semelhante de PB e NDT por bezerros desaleitados aos 28 dias de idade ou aos 56 dias de idade, com 3,6 L leite/dia e concentrado e feno disponíveis, mostrando a capacidade dos animais de regular a ingestão de energia. O ganho de peso até a 14ª semana foi de 0,510 e 0,520 kg/dia para desaleitamento precoce e tardio ($P > 0,05$).

O consumo de concentrado é relacionado também à disponibilidade de água. Kertz et al. (1984) observaram, em bezerros de uma a quatro semanas de idade recebendo 522 g de sucedâneo por dia, consumo de concentrado 31% menor e ganho de peso 38% menor em bezerros privados de água comparado àqueles sem restrições. O impacto da privação de água em consumo e ganho de peso foi maior na quarta semana. Coelho (1999) observou correlação positiva ($r = 0,70$) entre consumo de água e concentrado, além de efeito do desaleitamento, aumentando o consumo de água em um litro/dia. Por isso, água limpa e fresca, além daquela já fornecida pela dieta líquida, deve estar disponível para os bezerros durante todo o tempo (Drackley, 2008).

Davis e Drackley (1998) alertam para o efeito da qualidade do sucedâneo sobre o consumo de concentrado. Segundo Kertz et al. (1979), o consumo de concentrado é menor para bezerros aleitados com sucedâneo formulado com fontes proteicas de baixa qualidade, quando comparados a bezerros aleitados com sucedâneo de alta qualidade (composto por proteínas de origem láctea). Parte deste efeito pode ser atribuído à maior taxa de crescimento dos bezerros que recebem o sucedâneo de melhor qualidade. Relatos de baixo desempenho com sucedâneo estão relacionados à baixa qualidade dos sucedâneos, ao uso de formulações inadequadas para o tipo de animal e objetivos a serem alcançados, ao fornecimento abaixo da exigência do bezerro ou a problemas sanitários na fazenda (Drackley, 2008).

Sucedâneos normalmente contém menos gordura que o leite bovino integral, o que resulta em menos energia metabolizável por kg de sólidos totais. Com isso, o fornecimento de sucedâneo ou leite em mesma quantidade de sólidos resulta em menor ganho de peso dos animais que recebem sucedâneo (Drackley, 2008). Górka et al. (2011) forneceram sucedâneo (22% PB e 17,5% gordura) ou leite para bezerros até 26 dias de idade a 1% do peso ao nascimento em sólidos totais. Apesar do fornecimento em mesma quantidade de sólidos, os animais que receberam sucedâneo ingeriram significativamente menos proteína e EM por dia, o que resultou em menor ganho de peso. Maior parte da proteína do sucedâneo (60%) era composta por proteína concentrada de soja, o que pode ter contribuído para o pior desempenho dos bezerros aleitados com sucedâneo na faixa etária avaliada. Com a utilização de sucedâneos de boa qualidade, é possível atingir taxas de ganho de peso semelhantes às obtidas com leite, desde que os ingredientes sejam bem utilizados pelo bezerro neonato e que o fornecimento seja em mesma quantidade de energia e proteína.

Godden et al. (2005) avaliaram o desempenho de bezerros recebendo leite de descarte pasteurizado ou sucedâneo. Os autores observaram maior taxa de crescimento e menor morbidade e mortalidade no grupo que recebeu leite pasteurizado. As dietas oferecidas diferiram muito em densidade proteica e energética, uma vez que o sucedâneo era composto por 20% PB e 20% gordura na MS e o leite pasteurizado em média por 25,6% PB e 29,6% gordura na MS, além de o fornecimento ter sido realizado em mesmo volume para os dois grupos, independente de composição e diluição. Com isso, energia e proteína disponíveis para ganho de peso foram menores para os animais que receberam sucedâneo. O aleitamento com sucedâneos com teores de proteína e energia inferiores aos do leite, mas em maior quantidade, ou mesmo a utilização de sucedâneos com maior relação proteína:energia podem resultar em alto ganho de peso e bom desenvolvimento dos animais. Blomeet et al. (2003) utilizaram sucedâneos isocalóricos (12,5% de sólidos totais) com quantidades crescentes de proteína bruta (16,1; 18,5; 22,9 e 25,8%) para bezerros de duas a oito semanas de idade, fornecido a 12% do PV. Foi observado aumento linear ($P < 0,001$) do ganho de peso e da eficiência de conversão alimentar com o aumento do teor de proteína no sucedâneo. O ganho de peso obtido com o sucedâneo contendo 25,8% PB foi de 0,620 kg/dia, valor considerado satisfatório para a idade em estudo. O conteúdo de proteína e água das carcaças sem as vísceras aumentou com o aumento da proteína nos sucedâneos, enquanto a composição de gordura reduziu linearmente ($P < 0,001$).

Diaz et al. (2001) relataram que a ingestão de dieta com maior energia resulta em maior deposição de gordura e proteína, desde que a quantidade de proteína na dieta não seja limitante para o crescimento. O fornecimento de sucedâneo com baixo teor de proteína pode aumentar a deposição de gordura e com isso gerar maior exigência de energia por unidade de peso ganho (menor eficiência de ganho de peso). Em outro estudo, Brown et al. (2005) utilizaram sucedâneo (21% PB e 4,7 kcal/g MS) a 1,1% do PV e concentrado (20,5%PB) limitado para ganho de 400 g/dia para o grupo de ganho moderado e sucedâneo (30% PB e 4,4 kcal/g/MS) a 2,0% do PV e concentrado (25,0% PB) à vontade para o grupo de alto ganho de peso. Neste período, foi observado maior ganho de peso e conversão alimentar ($P < 0,01$) para o grupo com a dieta de maior densidade energética e proteica, mas não houve diferença

na composição da carcaça. No período seguinte, outros animais que receberam os mesmos tratamentos até a oitava semana, foram colocados em dietas sólidas para alto ou baixo ganho de peso até a 14ª semana. Neste segundo período experimental o maior ganho de peso ($P < 0,001$) teve como consequência aumento na quantidade de gordura na carcaça, independente do tratamento recebido no período de aleitamento. Segundo os autores, o período de aleitamento representa boa oportunidade para aumentar o ganho de peso sem que haja aumento da deposição de gordura corporal.

Bartlett et al. (2006) relacionaram maior eficiência alimentar em bezerros recebendo sucedâneo com 22% PB em quantidade de 1,75% do PV quando comparado ao fornecimento a 1,25% do PV. Os autores, assim como Blomeet et al. (2003), relatam a importância da observação de que o aumento da quantidade de proteína no sucedâneo fornecido a bezerros em quantidade limitada aumenta de forma significativa a eficiência alimentar. Segundo os autores, a composição do ganho de bezerros Holandeses pode ser alterada pela manipulação da relação proteína:energia da dieta, o que é ainda mais evidente quando os bezerros são alimentados com menos que o necessário para máximo ganho de peso.

Os efeitos de dieta e taxa de ganho de peso sobre o desenvolvimento da glândula mamária foram estudados em bezerras ganhando 650 ou 950 g/dia, abatidas entre 100 e 350 kg de peso. Observou-se que a matriz adiposa é diretamente influenciada pela nutrição. O parênquima mamário, no entanto, assim como a proliferação das células epiteliais, não é alterado nestas taxas de ganho de peso (Meyer et al., 2006a; Meyer et al., 2006b; Daniels et al., 2009).

Assim como a quantidade de proteína e a relação proteína:energia nos sucedâneos, o tipo de gordura incluída também influencia o ganho de peso e a consistência das fezes. Hill et al. (2007) observaram maior ganho de peso e menor número de dias em diarreia com a substituição gordura de origem animal (banha e sebo) por fontes vegetais (óleos de canola e coco) nos sucedâneos. A inclusão destas fontes de óleo vegetal torna o perfil de ácidos graxos do sucedâneo mais parecido com o do leite, que é caracterizado por ácidos graxos poli-insaturados de cadeias curta e média. A utilização de óleo de coco como única fonte de gordura no sucedâneo induziu acúmulo de triglicerídeos no fígado de bezerros, apesar de não afetar a expressão da proteína transportadora de triglicerídeos através de membranas (Graulet et al., 2004). A inclusão de óleo de coco em sucedâneo contendo banha não apresentou resultado em ganho de peso no trabalho de Hillet et al. (2007), mas a inclusão de óleo de canola ou a substituição total de banha por óleo de coco e óleo de canola resultaram em maior ganho de peso e menor número de dias em diarreia.

Uma grande preocupação acerca do fornecimento de grandes volumes de leite ou sucedâneo de leite seria o aumento na incidência de diarreias. A avaliação da consistência das fezes é realizada na maioria dos trabalhos em escores de 1 a 4 (1-normal a 4-líquida). Como as fezes são classificadas por diferentes avaliadores entre estudos, esta é uma avaliação subjetiva. Além disso, o fornecimento de grande quantidade de leite pode reduzir a consistência das fezes sem associação a doença (Borderas, 2009). O bezerro pré-ruminante, principalmente nas primeiras semanas de vida quando a fermentação ruminal e absorção de AGV não estão estabelecidas, depende da digestão enzimática para obtenção de nutrientes. O perfil

enzimático do trato digestivo de bezerros neonatos é limitado, principalmente quanto à digestão de carboidratos. Somente a lactase está presente no início e por isso a digestão de outros tipos de carboidratos que não a lactose é limitada (Davis e Drackley, 1998). O aleitamento com sucedâneo contendo 29 ou 42% lactose em quantidade de 465 até 1.360 g/dia para bezerros de 60 a 185 kg não resultou em alterações histológicas no jejuno, assim como não houve diferença na atividade de lactase entre os grupos, apesar de as fezes dos animais que receberam maior quantidade de lactose apresentarem maior escore fecal (Hugi et al., 1997).

Além dos efeitos sobre eficiência alimentar e ganho de peso, o fornecimento de leite à vontade ou de grande quantidade de leite ou sucedâneo tem benefícios também sobre a imunidade dos animais. Deficiências nutricionais estão relacionadas à depressão simultânea de vários mecanismos de defesa do sistema imune, como redução da concentração de IgA e da liberação de citocinas como IL-1, IL-6 e TNF- α , e comprometimento dos mecanismos antioxidantes (Woodward, 1998). Dada a imaturidade do sistema imunológico dos bezerros neonatos e sua maior susceptibilidade a doenças, a nutrição adequada pode ter efeitos positivos sobre a resposta imune, além de acelerar a maturação do sistema imunológico (Nonnecke et al., 2003). Estes autores alimentaram bezerros com sucedâneo a 1,4% ou 2,5% do PV em sólidos totais e não observaram diferenças no número de leucócitos circulantes ou na composição da população de células mononucleares periféricas (PBMC). A ausência de diferença pode ser devida ao bom estado nutricional dos bezerros que receberam o menor volume de sucedâneo, já que este, apesar de grande diferença em quantidade em relação ao outro tratamento, representa quantidade superior ao utilizado tradicionalmente. O maior aporte de proteína e energia da dieta com maior quantidade de sucedâneo não promoveu mudanças relacionadas à maturação do sistema imune. Os bezerros que receberam sucedâneo a 2,5%PV apresentaram, no entanto, maior produção de óxido nítrico e menor produção de IFN- γ , que são fatores essenciais para a imunidade celular e destruição de patógenos intracelulares. Apesar da ausência de efeito da dieta, foram observadas mudanças em composição e capacidade funcional da PBMC ao longo do tempo (1 a 60 dias de idade), demonstrando maturação do sistema imune.

A maioria das infecções em situações de desnutrição é causada por patógenos oportunistas nas vias aéreas e mucosa intestinal (Woodward, 1998). A subnutrição comum nas situações em que volumes restritos de leite são fornecidos nas primeiras semanas, quando ainda não há consumo significativo de concentrado, pode então ter como consequências maior incidência de doenças. A ocorrência de doenças é reduzida a partir do momento em que os bezerros são desaleitados. Isto pode ser devido a manutenção do pH do abomaso mais baixo e constante quando a alimentação é exclusivamente sólida. Durante o aleitamento, o pH do abomaso aumenta para próximo de 6,0 a cada ingestão de leite, retornando ao valor anterior à ingestão (1,5 a 2,0) apenas seis horas depois (Davis e Drackley, 1998). Outro possível mecanismo para o aumento das diarreias seria a ingestão em volume maior que a capacidade do abomaso (Huber et al., 1984). Estes autores citam, no entanto, que condições sanitárias e de manejo provavelmente são mais importantes como fatores predisponentes para diarreias em bezerros que a quantidade de leite oferecida. Apesar destes fatores, a incidência de diarreias é maior

nas primeiras semanas de vida, mesmo quando o aleitamento é mantido até oito semanas de idade. O desenvolvimento do sistema imune dos bezerros progride lentamente da concepção até a idade de seis meses. Além disso, os neonatos estão em imunossupressão por influência dos hormônios maternos e alguns componentes só estão funcionais com duas a quatro semanas de idade (Chase et al., 2008). Outra possível causa para a maior incidência de diarreia nas duas primeiras semanas seria a maturação funcional da mucosa gástrica, que ocorre lentamente após o nascimento em ratos e humanos (Morisset, 1993). Assim, com o aumento da secreção de HCl haveria menor passagem de patógenos ingeridos para o duodeno.

A preocupação em relação ao aumento da incidência de diarreias com o fornecimento de sucedâneos em grande quantidade seria plausível principalmente no primeiro mês de vida. A digestão de proteínas não lácteas é limitada nas primeiras semanas de vida, assim como a digestão de outros carboidratos que não a lactose. Além disso, o perfil de ácidos graxos do leite bovino é caracterizado por ácidos graxos de cadeias curta e média, que podem ter propriedades bacteriostáticas no intestino delgado (Drackley, 2008). Assim, a formulação de sucedâneos com ingredientes que sejam bem utilizados por bezerros neonatos não devem resultar em incidência diferente daquela em mesma situação com fornecimento de leite.

Appleby et al. (2001) relatam maior número de dias em diarreia em bezerros individualizados recebendo 10% do PV no balde que em bezerros recebendo leite à vontade por alimentador automático. Da mesma forma, Khan et al. (2007a) observaram maior ocorrência de diarreia ($P < 0,05$) no grupo alimentado com menor quantidade de leite. Jasper e Weary (2002) não observaram diferença na incidência de diarreia entre bezerros individualizados recebendo leite de descarte à vontade ou a 10% do PV. Com o fornecimento de sucedâneo, Bartlett et al. (2006) relatam ausência de diferença em escore fecal médio entre bezerros recebendo diferentes quantidades de sucedâneo. O grupo que recebeu mais sucedâneo (14% do PV), no entanto, apresentou mais dias com fezes classificadas com maior escore fecal, o que os autores não classificaram como diarreia de origem infecciosa por não haver febre concomitante à redução de consistência das fezes. Diaz et al. (2001) também observaram maior escore fecal em bezerros aleitados com sucedâneo a três e 4% do PV em relação a 1% do PV. A diferença em escore fecal foi de 2,06 e 2,14 para 1,65 nos grupos recebendo três, quatro ou 1% de PV, respectivamente, o que reflete apenas a diferença em ingestão de alimento e água. Além de não aumentar a incidência de diarreia, Diaz et al. (2001) observaram que o fornecimento de sucedâneo entre um e 4% do PV não alterou a digestibilidade da MS, que se manteve alta nos três tratamentos utilizados.

Quigley et al. (2006) alimentaram bezerros neonatos em estresse (transporte, falha de transferência de imunidade passiva e desafio ambiental - contaminação por coronavírus) com quantidade fixa (454 g/dia) ou variável (454 a 908 g/dia) de sucedâneo. Apesar do maior ganho de peso, os bezerros que receberam maior quantidade de sucedâneo apresentaram mais dias em diarreia e fezes mais fluidas que os bezerros que receberam quantidade fixa e restrita. A ingestão forçada de toda a quantidade de sucedâneo por sonda esofágica pode ter contribuído para o pior desempenho. Esta prática não é recomendada para animais doentes, devido às evidências de que a redução do apetite é parte da resposta do organismo à doença, coordenada pelas citocinas pró-inflamatórias (Borderas et al., 2007).

Outro fator de estresse que tem impacto significativo sobre o desenvolvimento de bezerros é o estresse térmico. Segundo Davis e Drackley (1998), a zona termoneutra compreende a faixa de 10 a 15°C, cujos limites dependem de idade, nutrição, velocidade do vento e umidade. A temperatura crítica inferior aos dez dias de idade é de 10,8°C (Gonzalez-Gimenez e Blaxter, 1962) e a superior é de 26°C (Spain e Spiers, 1996). Holmes e McLean (1975) relataram aumento na produção de calor em situações de baixa temperatura e exposição a vento, e também aumento de 12 e 28% na produção de calor na ausência e na presença de vento, respectivamente. Em situações de estresse pelo calor, o aumento em frequência respiratória e temperatura retal indicam maior gasto energético para dissipar o calor (Singh e Newton, 1978; Spain e Spiers, 1996). Segundo Drackley (2008), o estresse pelo calor pode levar a aumento de 20 a 30% na exigência energética de manutenção do animal. Da mesma forma, a queda da temperatura de 20 para 15°C resulta em aumento da exigência de energia metabolizável para manutenção em 13% em bezerros até três semanas de idade (NRC, 2001). Assim, bezerros em estresse térmico necessitam de maior quantidade de nutrientes para manter adequada taxa de ganho de peso e bom desenvolvimento.

O maior peso ao desaleitamento obtido com o fornecimento de grandes volumes de leite pode ser perdido no período pós-desaleitamento caso ocorram erros de manejo ou baixa ingestão de alimentos sólidos neste período. Jasper e Weary (2002) não observaram diferenças em consumo de alimentos sólidos (concentrado e feno) no período pós-desaleitamento em bezerros de 43 a 63 dias de idade, apesar do menor consumo durante o aleitamento. Também não houve diferença estatística no ganho de peso pós-desaleitamento entre estes bezerros, que receberam leite à vontade ou a 10% do PV. A diferença de peso observada nos animais que foram aleitados à vontade, devido ao maior ganho de peso durante a fase de aleitamento, foi mantida até as nove semanas de idade, quando o estudo foi finalizado. Os autores alertam para o fato de que existe oportunidade para alto ganho de peso nas primeiras semanas, e caso este ganho não seja obtido, o consumo de alimentos sólidos nas fases seguintes pode não ser suficiente para compensar o crescimento não atingido durante o aleitamento. Já Khan et al. (2007a) observaram maior consumo de concentrado e feno no período pós-desaleitamento no grupo de bezerros que recebeu maior quantidade de leite. Neste trabalho, a quantidade inicial de leite no grupo em aleitamento intensivo foi reduzida na metade do período de aleitamento, o que possibilitou aumento de consumo de alimentos sólidos ainda durante o aleitamento, e a manutenção desta diferença após o desaleitamento. Como consequência, o ganho de peso foi maior para o grupo aleitado intensivamente tanto no período de aleitamento quanto após o desaleitamento (até 90 dias de idade). Jasper e Weary (2002) e Khan et al. (2007a) utilizaram a metodologia de desmama gradual, diluindo o leite com água durante cinco dias, com o objetivo de reduzir as variações em ganho de peso consumo de alimentos sólidos para tornar os resultados mais representativos da estratégia de aleitamento adotada.

Sweeney et al. (2010) avaliaram o efeito da desmama abrupta ou gradual em 22, 10 ou quatro dias (todas completas aos 41 dias de idade) em ganho de peso e consumo de concentrado de bezerros recebendo leite (máximo 12 kg/dia). O ganho de peso durante o período de desaleitamento foi maior para o grupo desaleitado de forma abrupta porque os demais grupos não conseguiram compensar a ingestão de energia digestível com consumo de concentrado.

Nos dez dias seguintes ao desaleitamento, no entanto, houve perda de peso no grupo desaleitado abruptamente, enquanto nos demais houve ganho de até 0,5 kg/dia devido ao maior consumo de concentrado nesta fase. A idade ao desaleitamento é um fator importante na determinação do consumo de concentrado. As estratégias demonstradas anteriormente, se utilizadas em idade mais avançada poderiam resultar em maior consumo de concentrado e melhor desempenho (Sweeney et al., 2010; Khan et al., 2011). Bezerros acima de três semanas de idade aumentam o consumo de concentrado independentemente da redução da quantidade de leite fornecida. O aumento no consumo de concentrado devido à idade do bezerro é mais perceptível quando o aleitamento em quantidades restritas é utilizado (Khan et al., 2011).

2.3 Parâmetros ruminais de bezerros em aleitamento e pós-desaleitamento

Com o início do consumo de alimentos sólidos e estabelecimento da fermentação ruminal, ocorrem também os processos de desenvolvimento físico e metabólico do rúmen. O desenvolvimento físico corresponde ao aumento em peso e ao crescimento das papilas, o que é dependente da fermentação ruminal e logo da presença de AGV no conteúdo ruminal (Baldwin et al., 2004). Os AGV representam a maior fonte de energia para o ruminante. Os principais AGV resultantes da fermentação no rúmen são acético, propiônico e butírico (Bergman, 1990).

A concentração de AGV no conteúdo ruminal é muito variável, mas o total normalmente é de 60 a 150 mM. O padrão da produção de AGV no rúmen depende da composição da dieta e do tempo após alimentação no qual a análise foi realizada. As concentrações máximas ocorrem entre duas a quatro horas após a alimentação. Dietas mais fibrosas, no entanto, geram menor variação ao longo do dia. Em proporção molar, o acetato sempre predomina sobre os demais AGV, mas a síntese de propionato é favorecida por dietas ricas em grãos. O propionato é o único AGV que contribui de forma significativa para a síntese de glicose no fígado e é quantitativamente o precursor gliconeogênico mais importante (Bergman, 1990).

O fígado de bezerros neonatos representa grande parte do peso vivo vazio, mas seu consumo de oxigênio é relativamente baixo, o que indica menor atividade metabólica que no animal adulto. O aumento da atividade metabólica com a idade reflete as mudanças na quantidade e tipo de substratos metabolizados pelo fígado (de glicolítico a glicogênico) na medida em que o rúmen se desenvolve. Com a fermentação dos carboidratos no rúmen, menos substrato fica disponível para digestão pós-ruminal e o suprimento de glicose dietética é reduzido (Baldwin et al., 2004). Todo o sistema gastrointestinal, com exceção da porção final do intestino, tem seu sangue venoso drenado para a veia porta-hepática. Com isso, o fígado tem acesso aos nutrientes absorvidos antes dos tecidos periféricos, facilitando armazenamento, mobilização, transformação e metabolismo dos nutrientes (Hofmann, 1993; Baldwin et al., 2004).

McCarthy e Kesler (1956) relataram correlação negativa significativa entre glicose e AGV no sangue. Já o AGV no sangue apresentou correlação positiva e significativa com o AGV no conteúdo ruminal e com o percentual de digestão de celulose *in vitro*.

Segundo Bergman (1990), a taxa de produção de AGV no rúmen é de cinco mol/kg de MS ingerida. A concentração de AGV no rúmen representa o balanço entre as taxa de produção e remoção dos mesmos do ambiente ruminal. Como a absorção é maior para butirato, seguido por acetato e propionato, e a quantidade que aparece na circulação é inversa a esta última, a proporção metabolizada deve aumentar com o comprimento da cadeia do AGV. O butirato é metabolizado no epitélio ruminal a corpos cetônicos e CO₂. Já o propionato é metabolizado a lactato e CO₂, e provavelmente também a alguns aminoácidos. Bull et al. (1965) relataram diferença na taxa de absorção dos AGV, sendo a absorção de ácido acético menor que a de propiônico, butírico e valérico, neste período. Os AGV são ácidos fracos (pKa<4,8), o que determina que a maior parte dos AGV no conteúdo ruminal estejam na forma dissociada (ionizada). Como a taxa de absorção pelo epitélio ruminal é maior para a forma não dissociada, a queda do pH ruminal favorece a absorção dos AGV (Bergman, 1990). Como no experimento de Bull et al. (1965) o pH ruminal foi mantido constante em 6,6, a diferença de absorção não pode ser atribuída ao pH do ambiente ruminal. Já Nocek et al. (1980) demonstrou que bezerros alimentados com forragem tem maior taxa de transporte de propionato através do epitélio ruminal que bezerros alimentados com concentrado, o que sugere que as diferenças relatadas em concentração de AGV no rúmen podem ser confundidas por diferentes taxas de absorção.

McCarthy e Kesler (1956) observaram que a concentração de AGV no sangue não aumentou com a idade na mesma taxa em que a concentração no sangue em bezerros de até seis semanas de idade, e associaram este fato à falta de desenvolvimento do epitélio ruminal para que os AGV produzidos pudessem ser absorvidos em taxa máxima. O aparecimento de AGV no sangue portal não é igual à quantidade produzida devido à metabolização na mucosa ruminal durante o processo de absorção. Aproximadamente 30, 50 e 90% dos ácidos acético, propiônico e butírico produzidos no rúmen, respectivamente, não chegam à circulação sanguínea portal (Bergman, 1990). Assim, a diferença entre produção no rúmen e aparecimento na circulação observada por McCarthy e Kesler (1956) pode ser consequência não apenas da capacidade de absorção, mas também da metabolização no epitélio ruminal, principalmente para os ácidos propiônico e butírico.

A presença de lactato e/ou glicose no conteúdo ruminal estimula a captação de oxigênio pelo epitélio ruminal de bezerros neonatos de forma mais significativa que em animais adultos. O butirato, no entanto, estimula mais a captação de oxigênio pelo epitélio em animais adultos do que em neonatos. A cetogênese a partir de butirato também é menor no epitélio ruminal de neonatos. Em cordeiros, a taxa de oxidação de glicose e butirato pelo epitélio ruminal foi reduzida na presença de outros substratos, demonstrando que estes não são os substratos de preferência (Baldwin et al., 2004).

Lane et al. (2000) observaram aumento da capacidade cetogênica do epitélio ruminal aos 42 dias em carneiros alimentados apenas com sucedâneo, demonstrando desenvolvimento

metabólico do rúmen como resposta ontogênica, e não apenas responsiva a estratégias alimentares. Segundo Baldwin et al. (2004), o controle ontogênico do desenvolvimento ruminal não deve ser descartado, e apesar das evidências de que o desenvolvimento do rúmen é dependente da absorção de butirato, estes processos não necessariamente excluem um ao outro.

McCarthy e Kesler (1956) observaram aumento rápido na concentração de AGV no rúmen de bezerros de uma a sete semanas de idade, desaleitados na sexta semana. Entre a sétima e a décima primeira semana a concentração manteve-se relativamente estável, apresentando leve queda nas semanas seguintes. Os bezerros deste experimento foram alimentados com feno e concentrado e aleitados com leite ou sucedâneo até seis semanas de idade. Durante todo o período de aleitamento foi observada maior concentração de AGV no sangue ($P < 0,01$) e no conteúdo ruminal ($P < 0,05$) no grupo de animais recebendo sucedâneo. Leite e sucedâneo foram fornecidos em mesma quantidade neste experimento (cinco litros/dia). Como a composição de cada um não foi apresentada é possível que os bezerros alimentados com sucedâneo recebessem menor aporte de nutrientes e por isso o maior consumo de concentrado e feno, resultando em maior produção de AGV no rúmen. O maior ganho de peso ($P < 0,05$) dos bezerros deste grupo também conduz à hipótese de maior consumo de alimentos sólidos. Segundo os autores, as concentrações observadas dos metabólitos mensurados nos bezerros que receberam sucedâneo indicam transição mais rápida para metabolismo semelhante ao de animais adultos.

A concentração de AGV total e de acetato, propionato e butirato aumentou com a idade independente do maior fornecimento de leite nos primeiros 28 dias de idade (Khan et al., 2007b). Os autores relataram maior concentração de AGV em $\mu\text{mol/L}$, para cada momento avaliado, no grupo que apresentou maior consumo de concentrado no mesmo momento. Assim, mesmo recebendo mais leite no primeiro momento, o grupo em “*step-down*” apresentou maior concentração de AGV no rúmen no desaleitamento e após o desaleitamento (69,82 e 88,98 $\mu\text{mol/L}$ para convencional e “*step-down*” no desaleitamento e 103,25 e 124,01 $\mu\text{mol/L}$ após o desaleitamento).

Kristensen et al. (2007) observaram aumento na concentração total de AGV entre a segunda e a quinta semanas de idade (71 pra 133 mmol/L). A concentração de AGV apresentou correlação de -0,63 a -0,93 com pH ruminal nas quatro semanas avaliadas. O aleitamento com 3,10; 4,84; 6,60 ou 8,34 L de sucedâneo/dia não influenciou a concentração total de AGV ou a proporção molar de acetato, propionato e butirato nas primeiras cinco semanas de idade.

Bull et al. (1965) observaram paraqueratose em bezerros consumindo feno peletizado, enquanto em bezerros ingerindo feno em partículas longas o mesmo não foi observado. O consumo de concentrado, no entanto, não foi inibido no curto período avaliado. O pH ruminal quatro horas após a alimentação foi menor no grupo recebendo feno peletizado (5,7), em relação aos que receberam feno longo (6,5) ($P < 0,01$). Nocek e Polan (1984) relataram valores de pH semelhantes aos mencionados anteriormente. Duas horas após a alimentação, os valores observados foram de 6,7 e 6,6 com feno moído e picado, respectivamente, e 5,6 no grupo recebendo apenas concentrado.

Nocek e Polan (1984) avaliaram o efeito do fornecimento feno picado, feno moído ou concentrado para bezerros de oito a 20 semanas de idade sobre os parâmetros ruminais. Foi relatada maior concentração de propionato e concentração intermediária de acetato no grupo alimentado apenas com concentrado. Este grupo apresentou também a maior concentração molar de AGV total e menores valores de pH ruminal e concentração de lactato ($P < 0,05$). A concentração de butirato não foi diferente entre os grupos. Bull et al. (1965), em bezerros desmamados de três a cinco meses de idade recebendo concentrado e feno em proporção de 4:1, observaram menor proporção molar de acetato e maior de propionato em relação ao alimentados em proporção de 1:1.

Bull et al. (1965) observaram que as papilas agregadas reduzem muito a área de absorção do epitélio ruminal, uma vez que os agregados eram muito firmes e o interior dos mesmos estava seco e sem sinal de que líquido havia passado por dentro dos agregados de papilas. Segundo McGavin e Morril (1976), hiperqueratose e agregação de papilas são as alterações mais frequentemente observadas no epitélio ruminal. A ramificação de papilas pode ser um exemplo de hiperplasia compensatória com o objetivo de aumentar a área de absorção quando há perda da mesma devido à paraqueratose.

A concentração de amônia no rúmen não foi afetada pela proporção concentrado:feno de 1:1 ou 4:1 em bezerros desmamados de três a cinco meses de idade (Bull et al., 1965). Nocek e Polan (1984) observaram, em bezerros alimentados com dietas contendo 60, 45 ou 30% de proteína degradável no rúmen (PDR), maior concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) no rúmen dos bezerros alimentados com a dieta de maior PDR, seguida pela de quantidade intermediária e menor concentração de $N-NH_3$ ruminal em resposta à dieta com menor PDR ($P < 0,05$). Estes autores não observaram interação entre a quantidade de PDR na dieta e a forma física da mesma (feno moído ou picado). Khan et al. (2007b) relataram que bezerros que consumiram mais concentrado, pela maior ingestão de proteína para degradação ruminal, apresentaram maior concentração de amônia no rúmen e menor pH. A concentração de amônia no rúmen nos períodos de maior quantidade de leite, após a redução e após o desaleitamento foram diferentes ($P < 0,05$) para os grupos convencional e “*step-down*” e foram, respectivamente, 6,21 e 5,92; 7,12 e 9,98 e 9,54 e 13,61 mmol/L. Os valores de pH foram, em mesma sequência, 6,07 e 6,46; 6,22 e 5,66 e 6,04 e 5,72. Valores de pH abaixo de 6,0 são indicativos de acidose ruminal e estão relacionados à ocorrência de lesões como paraqueratose do epitélio ruminal. Zitnan et al. (2005) relataram a ocorrência deste tipo de lesão em bezerros de seis semanas de idade consumindo acima de um kg de concentrado/dia, com valores de pH em torno de 5,3. Kristensen et al. (2007) observaram em bezerros recebendo sucedâneo em diferentes quantidades que aqueles que recebiam mais sucedâneo apresentavam maior pH ruminal, mas nas últimas duas semanas de avaliação não houve diferença em pH ruminal entre os grupos. Apesar dos maiores valores observados quando o consumo diário de sucedâneo foi maior, todos os valores de pH mensurados foram baixos (5,7, 5,6, 6,2 e 5,9 para bezerros recebendo 3,10; 4,84; 6,60 ou 8,34 L de sucedâneo/dia até cinco semanas de idade). Logo, os autores concluem que o maior fornecimento de sucedâneo não foi capaz de evitar a acidose ruminal induzida pelo consumo de concentrado. Kristensen

et al. (2007), ao contrário do relatado por Khan et al. (2007b), não observaram efeito da estratégia de aleitamento sobre a concentração de amônia no rúmen.

2.4 Perfil metabólico e hormonal de bezerros em aleitamento e pós-desaleitamento

O eixo somatotrófico é composto pelo GH (hormônio do crescimento) e pelo fator de crescimento semelhante à insulina-1 (IGF-1), além de seus receptores, proteínas ligadoras de IGF-1 (IGFBP's) e hormônios reguladores da liberação de GH. A função mais conhecida do GH é o crescimento longitudinal. A maioria dos tecidos responde ao GH com produção de IGF-1 (Kooijman et al., 1996). O principal estímulo hormonal para a síntese de IGF-1 é a ação direta do GH sobre os receptores hepáticos, resultando no fígado como a principal fonte de IGF-1 circulante (Thissen et al., 1994; Kooijman et al., 1996). Esta dependência de GH para síntese hepática de IGF-1, no entanto, não está presente durante a vida fetal. Até o nascimento o IGF-1 participa do crescimento, mas não há síntese hepática deste fator ou dependência de GH para crescimento (Breier et al., 1988).

O funcionamento do eixo somatotrófico, e consequentemente a síntese de IGF-1 dependente de GH foram demonstrados em bezerros neonatos por Hammon e Blum (1997). Estes autores observaram ausência de influência da dieta sobre a concentração de GH circulante, apesar de o controle do GH por *feedback* negativo em situações de IGF-1 circulante alto já estar presente em bezerros de sete dias de idade, demonstrando capacidade de regulação neuroendócrina. A concentração de IGF-1 circulante, diferentemente do GH, foi responsiva à nutrição na primeira semana de vida.

Smith et al. (2002) avaliaram a funcionalidade do eixo somatotrófico em bezerros alimentados apenas com sucedâneo. Em todos os tratamentos foi utilizado sucedâneo com 30% PB e 20% gordura, diluído para 15% de sólidos totais nos grupos destinados a baixo e médio ganho de peso (0,5 e 0,95 kg/dia, respectivamente) e para 18% no grupo destinado ao maior ganho de peso (1,4 kg/dia). O eixo somatotrófico foi considerado funcional nos bezerros com ganho de peso de 0,5 a 1,2 kg/dia, devido à resposta em aumento do IGF-1 ao desafio com injeções de GH, sugerindo a presença de receptores para GH no fígado.

A observação de Smith et al. (2002) de que o eixo somatotrófico é funcional em bezerros pré-ruminantes bem alimentados é controversa ao proposto anteriormente, que postulava a dependência do estabelecimento da função ruminal para desenvolvimento do eixo somatotrófico. A idade na qual o crescimento se torna dependente do eixo somatotrófico, no entanto, ainda não está bem definida. O acoplamento do eixo pode ter consequências importantes na saúde e produtividade imediatas e em longo prazo, que dependerão da velocidade de maturação do eixo, o que está aparentemente relacionado ao *status* nutricional do bezerro (Hammon e Blum, 1997; Smith et al., 2002).

A capacidade de resposta ao GH com aumento de IGF-1 circulante é fundamental para o crescimento e saúde dos animais, dados os efeitos relacionados ao IGF-1 de síntese de DNA, proliferação e diferenciação celular e efeitos metabólicos semelhantes aos da insulina, como estímulo à captação de glicose e aminoácidos e síntese de proteína e glicogênio (Kooijman et al., 1996). O *status* nutricional e a quantidade de energia e proteína na dieta são fatores críticos na regulação de IGF-1 e IGFBP's (proteínas ligadoras de IGF-1). Os IGF's aparentemente são importante mecanismo de ligação entre nutrição e crescimento (Thissen et al., 1994).

As IGFBP's regulam a distribuição tecidual e a meia vida do IGF-1 na circulação. Estas proteínas modulam também a atividade mitogênica e metabólica do IGF-1, por exemplo, ao impedir a ligação aos seus receptores nas células (Kooijman et al., 1996). Daniels et al. (2008) relataram menor concentração de IGF-1 e IGFBP-3, e maior concentração de IGFBP-2 em bezerros alimentados de forma convencional comparados a outros alimentados intensivamente.

A concentração de IGF-1 nos primeiros quatro dias de idade tem correlação significativa ($r=0,78$) com o peso ao nascimento (Breier et al., 1988). O fornecimento de colostro também tem grande influência sobre os níveis de IGF-1 em bezerros neonatos. Independente do fornecimento de colostro ou sucedâneo a concentração de IGF-1 diminui em relação à inicial do 1º até o 7º dia de idade (Hammon e Blum, 1997). Em bezerros alimentados com leite (10% PV) e desaleitados às oito semanas de idade, a concentração plasmática de IGF-1 apresentou queda significativa da 1ª até a 5ª semana de idade, com posterior aumento até a 8ª semana. Após o desaleitamento houve queda significativa da concentração de IGF-1, que voltou a aumentar lentamente nas semanas seguintes. Estas observações indicam que a queda da semana um à semana cinco e o aumento até a semana oito devem estar relacionadas ao desenvolvimento do animal, enquanto a queda após o desaleitamento é relacionada às mudanças de metabolismo e a um período transitório de menor absorção de nutrientes. Assim, a concentração de IGF-1 no plasma está relacionada à idade e à nutrição (Breier et al., 1988).

As concentrações de glicose e insulina de bezerros em aleitamento são semelhantes à observadas em monogástricos. Com o estabelecimento da função ruminal e absorção de AGV, há redução das concentrações de glicose e insulina circulantes (Daniel et al., 2008). A concentração de glicose plasmática observada na primeira semana de vida duas horas após a alimentação é típica de animais não ruminantes e apresenta valores em torno de 114,5 mg/dL, enquanto às nove semanas de idade os valores são próximos a 76 mg/dL (Quigley et al., 1991). Idade, dieta e desenvolvimento ruminal podem ser responsáveis pela redução da concentração de glicose plasmática com o avançar da idade, resultando no quadro hipoglicêmico característico do animal adulto (Webb et al., 1969).

Wijayasinghe et al. (1984) relataram queda na glicose plasmática nas primeiras 12 semanas de vida independentemente de composição do sucedâneo e desenvolvimento ruminal, atribuindo a mudança apenas à idade dos animais. Estudos com animais em crescimento geram certo confusão pelo fato de que as alterações observadas em certa idade podem ser

dependentes da nutrição e de outros fatores que influenciam a taxa de crescimento (Smith et al., 2002).

A concentração de glicose no plasma é maior em animais aleitados com maior quantidade de dieta líquida ou com sucedâneos com maior teor de sólidos totais. A variação na concentração de acordo com a idade é semelhante, independente dos níveis de glicose plasmáticas resultantes dos tratamentos (Smith et al., 2002). Khan et al. (2007a) observaram concentração de glicose semelhante entre grupos recebendo leite a 10% ou 20% do PV até 25 dias de idade. Após esta idade, foi fornecido leite a 10% do PV até o desaleitamento para todos os animais. Devido à estratégia de fornecimento de maior quantidade de leite nas primeiras semanas, seguida pela redução do volume e desaleitamento, o consumo de concentrado foi significativamente maior nestes animais, resultando em menor concentração de glicose plasmática nos dois últimos períodos ($P < 0,05$). Os autores atribuíram esta redução à mudança da fonte energética de glicose para AGV. O maior desenvolvimento ruminal, proporcionado pelo maior consumo de concentrado resultou em utilização dos produtos da fermentação como fontes gliconeogênicas e consequente redução da concentração plasmática de glicose. Com o início do consumo de concentrado em quantidades significativas, o que ocorre em torno de três semanas de idade, o metabolismo energético do bezerro muda da utilização da glicose absorvida diretamente do intestino para a realização de gliconeogênese hepática a partir de precursores como o propionato, resultantes da fermentação ruminal (Owens et al., 1986; Davis e Drackley, 1998). O pico da glicemia plasmática após ingestão de alimento depende da fonte de glicose. A glicose absorvida pela mucosa intestinal atinge a circulação periférica mais rápido que a glicose originada da gliconeogênese hepática a partir do propionato (Quigley et al., 1991).

A insulina tem função primária de estimular processos anabólicos e, por isso, sua concentração adequada no plasma é fundamental para alta taxa de ganho de peso. Breier et al. (1988) relataram aumento gradual da insulina plasmática após alimentação do nascimento ao desaleitamento, quando houve queda significativa na concentração de insulina e manutenção de valores baixos nas semanas seguintes. O fornecimento de leite cinco semanas após o desaleitamento foi capaz de aumentar a concentração de insulina pós-prandial rapidamente. Segundo Breier et al. (1988), a queda de IGF-1 e insulina observada no desaleitamento está mais relacionada à redução da absorção de nutrientes devido à mudança do perfil metabólico de monogástrico para ruminante do que à mudança no tipo de nutrientes absorvidos.

Hostettler-Allen et al. (1994) e Hugi et al. (1997) observaram, em bezerros alimentados de forma intensiva apenas com sucedâneo, que o pico de IGF-1 ocorre paralelamente ao pico de insulina devido à grande quantidade de sucedâneo fornecida e tem como consequência o alto ganho de peso relatado. Khan et al. (2007b) relataram condição hipofágica de bezerros recebendo leite a 20% do PV até 25 dias de idade, condição esta caracterizada por alta concentração de insulina e baixa de glucagon, alta glicose e triglicérides e baixo AGNE circulante. Após a redução da quantidade de leite, no entanto, o menor suprimento de nutrientes fornecido pela dieta líquida resultou em condição hiperfágica, com redução de glicose e insulina plasmáticas para o mesmo nível observado nos bezerros aleitados de forma convencional desde o início.

Quando glicose e outros substratos energéticos se tornam menos disponíveis para oxidação é necessária a mobilização de reservas, representada pelo aumento da concentração de AGNE. As concentrações plasmáticas de AGNE e glicose em situação de jejum tem correlação inversa e significativa, o que demonstra os ajustes metabólicos realizados para manutenção da homeostase em diferentes estados nutricionais (Webbet al., 1969).

A concentração de AGNE no plasma é determinada pelos processos de lipólise e reesterificação, que são contínuos e dinâmicos. Os AGNE são uma fração pequena do total de ácidos graxos presentes no plasma, apesar de representarem sua fração mais ativa metabolicamente (Harper e Mayes, 1968). Estes ácidos graxos são originados da lipólise de triglicerídeos armazenados nos adipócitos e da ação da lipoproteína lipase durante a passagem dos triglicerídeos plasmáticos para os tecidos.

A gordura armazenada no organismo, mobilizada como AGNE, é transportada ligada de forma não covalente à soro-albumina. A remoção de AGNE do plasma é rápida, e estes são oxidados a acetil-CoA, para obtenção de energia, por meio da β -oxidação. Este processo ocorre em diversos tecidos, como fígado, rins, pulmões, cérebro e musculatura (Harper e Mayes, 1968; Nelson e Cox, 2002). Outro destino dos AGNE é a síntese de corpos cetônicos no fígado (Nelson e Cox, 2002).

Em situações de nutrição adequada é provável que a lipólise continue em mesma taxa. A disponibilidade de glicose representa papel importante no direcionamento de AGNE para a formação de glicerídeos por ser precursora da α -glicerofosfato. Quando há maior disponibilidade de glicose, aumenta a reesterificação de AGNE, o que resulta em menor quantidade de AGNE no plasma (Harper e Mayes, 1968).

Stanley et al.(2002) observaram pico de glicose pouco após ofornecimento de leite, enquanto na idade de seis semanas, quando os animais já estavam desaleitados, a glicose plasmática manteve-se estável durante as três horas seguintes à alimentação da manhã. No estado alimentado não foi observada correlação significativa entre AGNE e glicose no plasma. Em bezerros machos alimentados apenas com sucedâneo, com ganho de peso de 1,4 kg/dia, as concentrações de glicose e insulina foram menores em jejum, enquanto AGNE e GH foram maiores no jejum e IGF-1 não foi alterado pela alimentação (tabela 2) (Hostettler-Allen et al., 1994).

Em animais que se alimentam intermitentemente, a concentração plasmática de AGNE varia ao longo do dia, caindo após as refeições e voltando a subir no momento que precede a alimentação seguinte. Animais com suprimento constante de nutrientes, como os ruminantes, tem concentração de AGNE baixa e pouco variável ao longo do dia (Harper e Mayes, 1968). Quigley et al. (1991) observaram queda de AGNE plasmático do nascimento à sexta semana (225,9 μ M para 113,2 μ M), e manutenção dos níveis estáveis da sexta à décima quarta semanas. Com o início do consumo de concentrado e desenvolvimento do rúmen é esperado que a concentração plasmática de AGNE em coletas antes do aleitamento da manhã seja inferior àquela observada durante as primeiras semanas de vida.

Tabela 2. Concentração de hormônios e metabólitos em bezerros em jejum e após o aleitamento

Item	Idade (Semanas)	
	7	15
Glicose (mg/L)		
pré-prandial	974 ± 33 ^B	898 ± 29 ^B
pós-prandial	1.420 ± 237 ^A	1.420 ± 83 ^A
AGNE (μEq/L)		
pré-prandial	227 ± 24 ^A	277 ± 28 ^A
pós-prandial	106 ± 8 ^B	133 ± 16 ^B
Insulina (μU/L)		
pré-prandial	13 ± 2 ^B	11 ± 2 ^B
pós-prandial	132 ± 25 ^{aA}	257 ± 31 ^{bA}
IGF-1 (μg/L)		
pré-prandial	226 ± 26 ^a	404 ± 53 ^b
pós-prandial	217 ± 23 ^a	394 ± 52 ^b

Letras diferentes maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas indicam diferença estatística (P<0,05).

Adaptado de Hostettler-Allen et al. (1994).

Hammon et al. (2002) não observaram efeito do fornecimento de leite à vontade em alimentadores automáticos em aumento da concentração plasmática de glicose até 28 dias (4,5 mmol/L no dia um para 6,3 mmol/L no dia 28), mesmo com consumo aproximadamente duas vezes maior para o grupo à vontade. A concentração de AGNE, no entanto, foi maior no grupo com quantidade de leite restrita, diminuindo nos dois grupos entre os dias um e 28. Como não houve diferença de ganho de peso entre os grupos, os autores afirmaram que todos os bezerros conseguiram manter a homeostase. O grupo com restrição da quantidade de leite diária permaneceu sem acesso ao leite entre 00:00h e 08:00h, o que resultou em aumento do AGNE neste grupo, indicando a necessidade de mobilização de reservas para suprir o metabolismo neste intervalo de tempo. A concentração de AGNE no plasma também foi maior após o desaleitamento em bezerros que haviam sido alimentados de forma convencional (10% PV) quando comparados a bezerros aleitados em “*step-down*” (0,16 e 0,11 mmol/L, respectivamente), demonstrando maior estresse e maior mobilização de reservas ao desaleitamento, o que pode estar relacionado ao menor consumo de concentrado por este grupo antes e após o desaleitamento (Khan et al., 2007b). A maior concentração de AGNE foi associada à redução da função neutrofílica em vacas em lactação (Hammon et al., 2006). É possível que tal efeito também ocorra em bezerros em aleitamento em situações de grande mobilização de tecido adiposo.

Webb et al. (1969) avaliaram a tolerância à glicose por meio da mensuração da taxa de desaparecimento de glicose. Foi observada queda linear da taxa de desaparecimento com o aumento da idade, dos 10 aos 100 dias, demonstrando redução da habilidade dos bezerros em remoção de glicose da circulação com o avançar da idade. Os autores sugerem que a redução na secreção de insulina em resposta ao aumento da concentração de glicose plasmática possa ser responsável por este efeito.

A secreção de insulina e glucagon é regulada pela glicose plasmática em animais monogástricos. Devido à condição do bezerro ao nascimento, é esperado que a função destes hormônios no metabolismo dos carboidratos seja semelhante ao observado para não ruminantes (Owens et al., 1986). Johnson et al. (1982) observaram que a presença de AGV na circulação de bezerros estimula a liberação de insulina, demonstrando efeito insulinogênico dos AGV em animais ainda em processo de desenvolvimento ruminal.

Owens et al. (1986) observaram que a infusão de propionato na circulação sanguínea de bezerros de quatro semanas de idade alimentados apenas com leite foi capaz de estimular a secreção de insulina, mas o precursor não foi utilizado para gliconeogênese hepática, resultando em hipoglicemia. Esta observação demonstrou que, apesar da capacidade de resposta ao propionato com secreção de insulina, as vias para gliconeogênese a partir de propionato ainda não estavam presentes ou não puderam ser utilizadas. Já em outro grupo de bezerros de quatro semanas de idade alimentados com leite e concentrado, a infusão de propionato também estimulou a liberação de insulina, mas não alterou a concentração de glicose no plasma. Isto pode ser atribuído ao fato de estes bezerros apresentarem algum potencial gliconeogênico no fígado, utilizando o propionato como precursor ou mobilizando mais reservas de glicogênio hepático. Estes resultados mostram a diferença na capacidade de metabolização do propionato entre bezerros com rúmen em desenvolvimento ou não, apesar de a capacidade de resposta em aumento da concentração de insulina ser independente do desenvolvimento ruminal. O grupo que recebeu concentrado apresentou também maior concentração basal de glucagon e maior resposta em aumento da secreção deste hormônio após infusão de propionato. Segundo os autores, esta observação indica que o glucagon deve participar do processo de desenvolvimento dos mecanismos gliconeogênicos no fígado, além de evitar a ocorrência de hipoglicemia durante o desenvolvimento ruminal.

Donkin e Armentano (1995) avaliaram a regulação da gliconeogênese pelos hormônios insulina e glucagon no fígado de bezerros pré-ruminantes (sete a 14 dias de idade) e ruminantes (11 a 12 semanas de idade) e relataram ausência de efeito da idade e situação de desenvolvimento ruminal do animal sobre a taxa de gliconeogênese hepática a partir de propionato. A síntese de glicose a partir de lactato, no entanto, foi menor nos bezerros de 11 a 12 semanas de idade. Os autores observaram efeito da insulina sobre hepatócitos de bezerros pré-ruminantes, inibindo a gliconeogênese e aumentando a glicogênese a partir de lactato e propionato ($P < 0,05$). Não houve efeito da insulina sobre os hepatócitos de bezerros ruminantes ($P > 0,05$). Assim, os autores comentam que pré-ruminantes tem capacidade de gliconeogênese hepática no mínimo igual à dos ruminantes, ao contrário do proposto por Owens et al. (1986).

Donkin e Armentano (1995) atribuíram a diferença observada na capacidade de gliconeogênese hepática à menor sensibilidade ao glucagon e à perda completa de sensibilidade à insulina dos hepatócitos de bezerros na transição de pré-ruminante para ruminante. Neste processo, então, há redução da sensibilidade do fígado às variações nas concentrações de insulina e glucagon. A capacidade de mobilização de glicogênio hepático em jejum, muito maior em neonatos que em adultos, é um exemplo destas mudanças na responsividade da gliconeogênese hepática às concentrações hormonais. Como os pré-

ruminantes tem padrão pós-prandial de aumento de substratos para o fígado semelhante ao de monogástricos, o controle hormonal do metabolismo hepático deve ser maior, quando comparado à digestão dos ruminantes que tem suprimento relativamente constante de substratos ao longo do dia (Baldwin et al., 2004).

Owens et al. (1986) observaram pico de insulina igual após infusão de propionato em bezerros de quatro semanas de idade alimentados apenas com leite ou com leite e concentrado e em bezerros de 12 semanas desmamados aos 60 dias. A concentração de insulina aumentou de aproximadamente 10 $\mu\text{U}/\text{mL}$ para valores entre 50 e 80 $\mu\text{U}/\text{mL}$ com a infusão de propionato. O pico de insulina após a infusão de glicose foi maior nos bezerros de 12 semanas em relação aos demais ($P < 0,02$).

Stanley et al. (2002), alimentando bezerros holandeses com sucedâneo (22% PB; 15% gordura; diluição para 15% de sólidos totais) a 10% do PV, observaram que os picos de glicose e insulina ocorreram, respectivamente, 30 e 60 minutos após o aleitamento. Hugiet al. (1997) observaram queda do AGNE imediatamente após a alimentação, o que está relacionado à inibição da lipólise e/ou ao estímulo à captação de ácidos graxos pelos tecidos pela ação da insulina. Após 240 minutos a concentração de AGNE começou a aumentar novamente.

3. Material e Métodos

3.1 Animais, instalações e manejo

Todos os procedimentos realizados nesta pesquisa foram aprovados pelo CETEA-UFMG (protocolo n° 44/2009).

O experimento foi realizado em um bezerreiro do tipo argentino (apêndice 1), localizado na Escola de Veterinária da UFMG (Belo Horizonte, MG). O bezerreiro tem capacidade para 42 animais, alojados de forma individual, com 5 m de arame para correr e espaçamento de 4 m entre os arames. Os animais foram presos aos arames por correntes de 1 m de comprimento. Em uma das extremidades do arame há um suporte para dois baldes, com altura média de 40 cm, e na outra extremidade fica a área de sombra (8,5 m²/animal, proveniente de tela com bloqueio de 80% da radiação solar). O piquete onde está instalado o bezerreiro possui cobertura de grama batatais (*Paspalumnotatum*) e é cercado por tela de arame. O período experimental foi de setembro de 2010 a março de 2011.

Bezerros machos de raça Holandesa foram captados em fazendas leiteira distantes até 100 km de Belo Horizonte - MG, em um total de 74 animais. Os procedimentos realizados no local de nascimento foram cura de umbigo (solução de iodo a 10%) e fornecimento de dois litros de colostro, de um banco previamente preparado, em até seis horas após o nascimento e quatro litros de leite/dia em dois fornecimentos até o momento da transferência para a unidade experimental, o que ocorreu entre um e três dias de vida.

Na chegada ao local do experimento, os bezerros foram pesados, sendo o tratamento designado de acordo com este peso. A cura de umbigo foi realizada por mais três dias com solução de iodo a 7%. Todos os animais foram mantidos em adaptação até o terceiro dia de idade, recebendo quatro litros de sucedâneo/dia e água à vontade. Na manhã do terceiro dia de vida o tratamento já pré-definido foi iniciado, assim como o fornecimento de concentrado à vontade.

Cinquenta e quatro bezerros foram distribuídos em três tratamentos com 18 animais cada, sendo:

- Grupo 4L-60d: quatro litros (500 g) de sucedâneo de leite/dia distribuídos em dois fornecimentos até 60 dias de idade.

- Grupo 6L-29d/4L-60d: seis litros (750 g) de sucedâneo de leite/dia distribuídos em dois fornecimentos até 29 dias de idade e quatro litros (500 g) de sucedâneo de leite/dia distribuídos em dois fornecimentos de 30 a 60 dias de idade.

- Grupo 6L-60d: seis(750 g) litros de sucedâneo de leite/di distribuídos em dois fornecimentos até 60 dias de idade.

Cada tratamento foi composto por subgrupos de seis animais, definidos pelo período de vida sendo seiseutanasiados aos 30 dias, seis aos 60 e os seis restantes aos 90 dias. Todos os animais do tratamento 90 dias foram desaleitados de forma abrupta aos 60 dias, procedimento comumente utilizado em fazendas leiteiras no Brasil.

O aleitamento foi realizado com sucedâneo de leite (Lacthor, Tortuga Companhia Zootécnica Agrária), composto de soro de leite (70%), óleo vegetal (óleo de coco), premix vitamínico, proteína concentrada de soja e proteína isolada de trigo. Os níveis de garantia e os resultados da análise bromatológica realizada no Laboratório de Nutrição da EV-UFMG são apresentados nas tabelas 3 e 4, respectivamente. O sucedâneo foi diluído em água a 45°C para 12,5% de sólidos totais (1:8).

Tabela 3. Níveis de garantia do sucedâneo

	Por kg do produto	Por litro do sucedâneo preparado (1:8)
Proteína bruta (mín.)	225,0 g	28,1 g
Gordura vegetal (mín.)	170,0 g	21,3 g
Matéria mineral (máx.)	95,0 g	11,9 g
Fibra bruta (máx.)	2.000,0 mg	250,0 mg
Cobre (mín.)	9,0 mg	1,1 mg
Vitamina A (mín.)	55.000,0 U.I.	6,9 U.I.
Vitamina D3 (mín.)	45.000,0 U.I.	562,5 U.I.
Vitamina E (mín.)	80,0 U.I.	10,0 U.I.
Lactose	440,0 g	55,0 g

Tabela 4. Composição nutricional dos alimentos

Composição	Concentrado	Capim ³	Sucedâneo
MS	96,5	22,0	94,6
PB ¹	20,4	3,9	20,7
EE ¹	6,9	1,7	17,0
FDN ¹	12,50	11,86	-
FDA ¹	4,00	6,11	-
Cinzas ¹	16,00	3,10	9,70
Ca ¹	2,95	0,77	2,88
P ¹	1,26	0,06	0,76
EM ²	-	-	4,16

¹Valores em percentual da MS

²EM (Mcal/kg) do sucedâneo calculada a partir da equação $EM = 0,9 \{ (9,21 \times \%gordura) + (5,86 \times \%proteína) + (3,95 \times \%lactose) \}$, segundo Drackley, 2008).

³Valores relativos à matéria seca total

A quantidade total de sucedâneo foi fornecida em duas porções iguais às 8:00h e 16:00h. O sucedâneo foi fornecido desde o início em balde. Quando o consumo não era espontâneo, o bezerro recebia ajuda com dedo ou bico de mamadeira, e, em último caso, o fornecimento era realizado com mamadeira. As sobras de sucedâneo foram mensuradas e anotadas a cada

aleitamento. Os baldes eram lavados após cada aleitamento e recolocados nos suportes para o fornecimento de água.

Foi disponibilizada água à vontade, em baldes de metal com capacidade para oito litros, desde o momento da chegada ao local do experimento. A água era trocada duas vezes ao dia, após cada aleitamento, e repostada às 12 e às 15 horas quando necessário. Todos os animais receberam concentrado farelado à vontade a partir do terceiro dia de vida. O concentrado era composto por núcleo proteico, mineral e vitamínico e milho moído fino (tabela 4). Na formulação foi incluído ionóforo (monensina – 21,05 mg/kg). Inicialmente todos os bezerros receberam 100 g de concentrado/dia, quantidade que foi aumentada de acordo com o consumo de cada animal.

Os baldes para fornecimento de concentrado, identificados com o número do bezerro, eram retirados sempre antes do aleitamento da manhã, para pesagem das sobras, e recolocados com a quantidade total de concentrado do dia em até uma hora após o fim do aleitamento. No final da tarde, era avaliada a quantidade de concentrado em cada balde e adicionado mais concentrado se necessário. Estes baldes eram lavados uma vez por semana. Nos dias de chuva não foi possível avaliar o consumo de concentrado, de modo que nestes dias somente os dados daqueles bezerros que consumiram todo o alimento disponível foram registrados.

Os bezerros foram inspecionados diariamente de acordo com metodologia proposta por Diaz et al. (2001), exceto pela mensuração da temperatura retal que foi realizada em todos os dias após o aleitamento. Neste momento foi feita avaliação do estado geral do bezerro, hidratação e ocorrência de diarreia. Durante todos os dias em diarreia foi fornecido soro oral (dois litros, duas vezes ao dia; 20 g de glicose de milho, 5 g NaCl, 4 g NaHCO₃ e 1 g KCl para um litro de água morna). Quando necessário, foi realizado exame clínico completo e adotadas as medidas necessárias. Todas as ocorrências de doenças e tratamentos realizados foram registrados.

Devido à severidade dos casos de diarreia, a partir do dia 8 de dezembro de 2010, o primeiro caso de diarreia de cada bezerro foi tratado com enrofloxacino intramuscular (7,5 mg/kg; durante cinco dias) e flunixin meglumina intramuscular (2,2 mg/kg; durante três dias), além do soro oral duas vezes ao dia. A partir de quatro de janeiro de 2011 iniciou-se um protocolo preventivo para diarreia, com a inclusão de 400 mg/bezerro/dia de enrofloxacino em pó (75% enrofloxacino) no sucedâneo fornecido pela manhã entre cinco e onze dias de idade. Dessa forma, os bezerros que apresentaram diarreia neste período foram tratados com o enrofloxacino oral e anti-inflamatório intramuscular e soro oral.

3.2 Coleta de dados e amostras

As temperaturas máxima e mínima foram mensuradas diariamente, assim como o volume de chuva (mm).

O ganho de peso dos animais foi avaliado por pesagens semanais em balança mecânica com capacidade para 300 kg. Todos os bezerros foram pesados no momento da chegada à área experimental, semanalmente pela manhã antes do aleitamento e no dia da eutanásia.

O consumo de concentrado foi medido diariamente, pela diferença entre o fornecido e a sobra do dia seguinte, exceto nos dias de chuva em que não foi possível realizá-lo. Foram coletadas a cada sete dias amostras do concentrado fornecido e das sobras para posterior análise bromatológica de MS, PB, EE, FDN, FDA, cinzas, Ca e P.

Amostras de sangue, para a determinação do perfil metabólico e hormonal dos 18 bezerros criados até 90 dias foram coletadas via punção da jugular após antissepsia local. As coletas de sangue foram feitas antes do aleitamento da manhã (16 horas após o aleitamento da tarde anterior) nas idades de 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias. As coletas dos dias 30 foram feitas no dia da mudança da quantidade de leite oferecida, no caso do grupo 6L-29d/4L-60d, assim como as do dia 60 foram realizadas na manhã do dia do desaleitamento para todos os animais, representando dessa forma o período anterior à mudança de quantidade de sucedâneo e desaleitamento, respectivamente. Em cada coleta foram utilizados tubos a vácuo sem anticoagulante, para obter soro para análises de AGNE e insulina, tubos com EDTA e fluoreto, para dosagem de glicose plasmática, e em tubos com EDTA para dosagem de IGF-1. As amostras foram centrifugadas a 3.000 RPM por 10 minutos. Em seguida, foram separadas em microtubos (1,5 mL), devidamente identificadas e congeladas para análise posterior. Aos cinco dias de idade foi coletada uma amostra de sangue (10 mL, tubo sem anticoagulante) de cada animal, para determinar proteína total sérica em refratômetro. A amostra foi congelada para dosagem de IgG e proteína total em espectrofotômetro, após processamento como o das demais amostras de sangue.

Foram coletadas amostras de conteúdo ruminal de todos os animais criados até 90 dias de idade e de mais 15 bezerros até 60 dias e 15 até 30 dias (n = 48), nas mesmas idades em que ocorreram as coletas de sangue. As coletas foram realizadas quatro horas após o fornecimento do alimento da manhã. Para a coleta, utilizou-se sonda esofagiana acoplada a recipiente plástico e uma bomba de vácuo. O volume obtido em cada coleta foi de aproximadamente 150 mL. O conteúdo ruminal foi então filtrado em peneira e duas amostras foram separadas: uma de cinco mL, congelada com um mL de ácido metafosfórico 20% para dosagem de AGV (ácidos graxos voláteis) e outra de 50 mL congelada com cinco mL de ácido sulfúrico 50% para determinação do teor de nitrogênio amoniacal. O pH do conteúdo ruminal foi mensurado imediatamente após a coleta com medidor portátil (pHTek) calibrado semanalmente com padrões de pH 4,0 e 7,0.

Nas necropsias foram feitas ligaduras duplas nas porções distais do esôfago e do abomaso para retirada dos estômagos da carcaça. Os seguintes dados foram coletados: peso de retículo-rúmen, omaso e abomaso sem conteúdo, peso de baço, fígado, pâncreas e gordura peri-renal (com cápsula renal). A pesagem dos estômagos vazios foi realizada após lavagem dos mesmos com água. Foi mensurado também o pH ruminal. Eventuais achados de necropsia foram registrados. Todas estas pesagens foram realizadas em balança digital com capacidade para 15 kg.

Fragmentos de rúmen e intestino delgado foram coletados nas necropsias. Três fragmentos (3 x 5 cm) do saco ventral do rúmen foram presos pelas extremidades a um papelão do tamanho do fragmento e a um isopor, e em seguida, ainda presos ao papelão, foram colocados em formol 10% tamponado para fixação.

Três fragmentos de intestino delgado foram coletados: um de duodeno, coletado a 20 cm do piloro, outro de jejuno, a 2 m do fragmento anterior, e outro de íleo, 25 cm antes do ceco. Estes fragmentos, de aproximadamente 10 cm de comprimento, foram presos por uma extremidade a uma superfície firme (mesmo procedimento realizado para a coleta dos fragmentos de rúmen), e então foram abertos longitudinalmente com tesoura. Com o fragmento aberto, as outras duas extremidades foram fixadas e o mesmo foi colocado em formol 10% tamponado. O processo foi repetido para cada porção do intestino delgado.

Os fragmentos de rúmen e intestino delgado, após fixação no formol a 10%, neutro e tamponado, por 24 horas, foram cortados e processados em equipamento histoquímico (Layca; processamento na sequência: álcool 70%, álcool 80%, álcool 90% usado, álcool 90% novo, xilol) e incluídos em parafina. Posteriormente foram cortados em micrótomo (4 μ m) e corados pela técnica de hematoxilina-eosina (HE) segundo Luna (1968).

3.3 Análises laboratoriais

As análises dos alimentos foram realizadas no Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG, assim como as dosagens de AGV e nitrogênio amoniacal.

As amostras de concentrado (fornecido e sobras em pool mensal de quatro amostras semanais) capim e sucedâneo foram pré-secas em estufa a 65°C e posteriormente analisadas para MS (105°C), cinzas, PB, EE, Cálcio e Fósforo segundo AOAC (1995). Os componentes da parede celular (FDN e FDA) foram analisados pelo método sequencial de Van Soest et al. (1991).

Glicose plasmática e AGNE séricos foram dosados por métodos colorimétricos (Bioclin Glicose Monoreagente e NEFA Manual Rx Monza FA115 Randox, respectivamente). As análises de glicose foram realizadas no Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG (EV-UFMG), com leitura em espectrofotômetro semi-automático no Laboratório de Patologia Clínica da EV-UFMG (TP Analyzer). A análise de AGNE foi realizada no Laboratório de Patologia Clínica da EV-UFMG, em analisador clínico Cobas Mira (Roche Analytical Instruments). A dosagem de insulina foi feita por radioensaio (Milipore Porcine Insulin RIA kit PI-12K), com leitura em contador γ no Laboratório de Fisiologia Animal do ICB/UFMG. A análise de IGF-I foi realizada por ELISA (USCNK Life Science Inc.) no Laboratório de Pesquisa em Virologia Animal I do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da EV-UFMG.

A transferência de imunidade passiva foi avaliada pela proteína total sérica, medida em refratômetro. Foi realizada dosagem de proteína total também pelo método enzimático

colorimétrico (Bioclin Proteínas Totais), ambas no Laboratório de Patologia Clínica da EV-UFMG. A concentração de IgG foi determinada por imunodifusão radial segundo Fleenor e Stott (1981) no Laboratório de Pesquisa em Virologia Animal II do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da EV-UFMG.

Para a quantificação de AGV as amostras conservadas com ácido metafosfórico 20% foram descongeladas em temperatura ambiente e centrifugadas a 5.000 RPM por 15 minutos em centrífuga refrigerada. Em seguida, as amostras foram filtradas em membrana Milipore 0,45 µm descartáveis (Millex Syringe Driven Unit) e analisadas em cromatógrafo de fase gasosa (Shimadzu GC-17A, Shimadzu Corporation) com injetor automático (AOC-20i Auto-injector Shimadzu) em coluna capilar (30 m x 0,53mm; Nukol Capillary Column, Supelco Analytical). A dosagem de nitrogênio amoniacal foi realizada em amostras congeladas com cinco mL de HCl 50% 0,1 N, segundo metodologia 941.04 do AOAC (1995), sem a utilização de urease.

A avaliação do epitélio ruminal foi realizada em microscópio ótico segundo metodologia proposta por Coelho (1999). O epitélio do rúmen foi caracterizado de acordo com a seguinte classificação de alterações: 1-normal, 2-desproporção entre as camadas com formação de vesículas, 3-desproporção das camadas do epitélio com formação de vesículas e infiltrado inflamatório, ou 4-desproporção das camadas do epitélio com formação de vesículas, infiltrado inflamatório e erosão. A camada córnea (queratinizada) foi classificada como normal, moderada, ou espessa. Foram avaliados também o grau de descamação da camada de queratina (pouca, moderada, ou intensa) e a presença ou ausência de alimento entre as papilas. Eventuais lesões encontradas foram descritas.

A análise morfométrica da altura das papilas foi realizada em três cortes histológicos do saco ventral do rúmen de cada bezerro. Foram mensuradas 24 ± 10 papilas para cada animal, segundo metodologia proposta por Lesmeister (2004). Foi mensurada também a espessura do epitélio ruminal não queratinizado e da camada de queratina em cinco papilas de cada animal. A espessura total do epitélio ruminal foi obtida pela soma dos valores médios obtidos para camadas não queratinizadas e queratinizada, segundo Melo (2007). As mensurações foram realizadas em microscópio ótico com lente ocular micrométrica (Olympus CX40), em aumento de 40 vezes para comprimento das papilas e 400 vezes para espessura do epitélio ruminal. Os valores utilizados na análise estatística foram as médias das mensurações de cada parâmetro em cada bezerro.

A determinação do índice mitótico (IM) foi realizada em lâminas coradas por hematoxilina-eosina. Foram contados em média 3.771 ± 503 núcleos da camada basal do epitélio ruminal por animal, em microscópio ótico em aumento de 400 vezes. O IM foi calculado pela divisão do número de células apresentando figuras mitóticas pelo número total de núcleos contados.

Os fragmentos de intestino delgado foram analisados ao microscópio ótico (Olympus CX40) para descrição morfológica.

3.4 Análises estatísticas

Peso inicial, IgG, proteína total (refratômetro e espectrofotômetro) e eficiência de ganho de peso foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

Os dados de consumo de sucedâneo e concentrado, ganho de peso e peso a cada mês foram analisados em delineamento inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 3 x 3 (três estratégias de aleitamento e três idades). O consumo de sucedâneo e concentrado e peso a cada semana foram analisados em delineamento inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 3 x 13 (três estratégias de aleitamento e treze idades) e ganho de peso em fatorial 3 x 12 (três estratégias de aleitamento e doze idades). O peso dos bezerros ao nascimento foi utilizado como covariável. Para testar as diferenças entre as médias a cada mês foi utilizado o teste SNK e entre as semanas o Scott-Knott, ambos a 5% de significância.

Os parâmetros ruminais pH, AGV e nitrogênio amoniacal foram analisados em delineamento inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 3 x 6 (3 estratégias de aleitamento e 6 idades). As diferenças entre as médias foram testadas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

A análise de peso de pré-estômagos e abomaso vazios, proporção de cada estômago em relação ao total, peso de gordura peri-renal, fígado, baço e pâncreas, assim como comprimento de papilas e índice mitótico, foi realizada em delineamento fatorial 3 x 3 (três estratégias de aleitamento e três idades). As diferenças entre as médias foram testadas com o teste SNK a 5% de significância. Os parâmetros qualitativos de epitélio ruminal e intestino delgado foram analisados apenas de forma descritiva.

Os metabólitos e hormônios (glicose, AGNE, insulina e IGF-1) foram analisados em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, estando nas parcelas as estratégias de aleitamento e nas subparcelas a idade de avaliação. As diferenças entre as médias foram testadas pelo teste de SNK a 5% de significância.

Foram realizados testes de Lilliefors e Bartlett para verificar os pressupostos de normalidade e homocedasticidade de variâncias, respectivamente. Para variáveis que não atenderam pelo menos uma destas condições foi realizada transformação dos dados. Consumo de concentrado por dia em meses e semanas, AGNE, inulina e IGF-1, peso de estômagos vazios e proporção do abomaso, concentração de nitrogênio amoniacal, propionato e butirato foram transformados para log. A concentração de acetato e as proporções de propionato e butirato em relação ao total de AGV foram transformados para raiz quadrada. Variáveis que não puderam ser transformadas foram analisadas pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância.

Para as variáveis glicose, AGNE, insulina e IGF-1 o modelo matemático para o delineamento em parcelas subdivididas utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + e_{ik} + C_j + (TC)_{ij} + \alpha_{ije}; \text{ em que:}$$

Y_{ijkl} = observação do grupo i (estratégia de aleitamento), na coleta j, da repetição k.

μ =efeito médio geral;

T_i = efeito do grupo (estratégia de aleitamento), sendo $i = 1,2,3$;

e_{il} = erro aleatório atribuído a parcela do grupo i (estratégia de aleitamento) na repetição k;

C_j = efeito da coleta j sendo $j= 1\dots6$;

$(TC)_{ij}$ = interação entre grupo (estratégia de aleitamento)*coleta;

α_{ije} = erro aleatório atribuído a subparcela no grupo i (estratégia de aleitamento), da coleta j na repetição k;

Para as variáveis, pesos dos compartimentos dos estômagos, fígado, pâncreas, baço, gordura peri-renal e altura das papilas o modelo matemático utilizado foi:

$Y_{ijk} = \mu + T_i + I_j + (TI)_{ij} + e_{ij}$; em que:

Y_{ijk} = observação do grupo i (estratégia de aleitamento), na idade j da repetição k;

μ = média geral;

T_i = efeito do grupo (estratégia de aleitamento), sendo $i = 1,2,3$;

I_j = efeito da idade, sendo j 30, 60 e 90 dias;

$(TI)_{ij}$ = interação estratégia de aleitamento e idade;

e_{ij} = erro aleatório da observação do grupo i na idade j da repetição k.

Para os tempos de avaliação foram realizadas estimativas de modelos de regressão para consumo de concentrado, ganho de peso, glicose, AGNE, insulina e IGF-1. Foi também realizada a estimativa de correlações (Pearson para variáveis normais ou Spearman nos casos com pelo menos uma variável não normal) entre variáveis dependentes.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando os procedimentos do *software* SAEG (SAEG, 2000).

Para avaliação do dispêndio financeiro de cada alternativa de alimentação, foram usados os dados de consumo de matéria seca de concentrado (kg) e consumo de sucedâneo (L) por grupo. Os dados foram obtidos a partir das médias dos grupos em dois períodos: 1 a 60 dias de idade (fase de aleitamento) e 61 a 90 dias de idade (pós-desaleitamento). Foi utilizado o valor de R\$ 0,60/kg de concentrado e R\$ 0,67/litro de sucedâneo (preços de mercado). Como indicador financeiro foi utilizado o custo em R\$ por kg de ganho de peso (custo/kg peso) em cada fase, aleitamento e pós-desmama. Os demais custos e despesas, como mão de obra e medicamentos, não foram contabilizados, sendo considerados iguais entre os grupos.

4. Resultados e Discussão

4.1 Considerações iniciais

A temperatura mínima variou entre 15 e 29°C e a máxima entre 23 e 41°C. Em média, as temperaturas foram de 20 a 32°C ao longo do dia. O período experimental foi de 185 dias, com pluviometria total de 1.059 mm. O experimento foi realizado nos meses mais quentes e chuvosos do ano, o que caracterizou a ocorrência de estresse térmico por frio e calor durante o período. A grande quantidade de chuva gerou condição ambiental adversa para os animais, devido à formação de barro e à ausência de local seco e protegido de vento. A zona termoneutra para bezerros está entre 10,8 e 26°C aos dez dias de idade (Gonzalez-Gimenez e Blaxter, 1962; Spain e Spiers, 1996). Em situações de temperatura ambiente fora da zona termoneutra o animal gasta energia para gerar ou dissipar calor (Holmes e McLean, 1975; Singh e Newton, 1978). Por isso, as condições climatológicas durante o período experimental podem ser consideradas como desafio para os animais, reduzindo a capacidade de ganho de peso e a eficiência de conversão alimentar devido ao maior gasto energético para manutenção.

O desafio causado pela ocorrência de doenças, principalmente diarreia, também foi grande. As principais patologias observadas foram diarreia, doenças respiratórias e onfaloflebite. Foi observada ocorrência também de beber ruminal, patologia relacionada à passagem de dieta líquida para o rúmen, com consequente fermentação e acúmulo de líquido, resultando em acidose ruminal (Gentile, 2004). Sete bezerros apresentaram este quadro, o qual foi tratado com retirada do conteúdo ruminal com sonda esofágica, fornecimento de 50 g de NaHCO₃ diluído em 100 mL de água morna por sonda esofágica, hidratação endovenosa (glicose 5%, NaCl 0,9% e NaHCO₃ 5%) e amoxicilina oral (1 g/dia, duas vezes ao dia, diluído em água morna via sonda esofágica durante sete dias). O primeiro caso de diarreia ocorreu em média aos seis dias de idade nos grupos 6L-29d/4L-60d e 6L-60d, enquanto no grupo 4L-60d ocorreu aos 8 dias de idade. Apesar da diferença na idade de ocorrência do primeiro caso, a incidência de diarreia foi de 100%. Para doença respiratória e onfaloflebite as incidências foram 13 e 15%, respectivamente. A incidência de doenças entre os grupos foi semelhante.

Dados e amostras de 20 animais do total de 74 recebidos na unidade experimental não foram utilizados. Dezesseis bezerros morreram (seis no grupo 4L-60d; quatro no 6L-29d/4L-60d e seis no 6L-60d), três bezerros (um de cada grupo) foram retirados do experimento por não ingerirem o sucedâneo e um bezerro do 6L-60d apresentou formação incompleta do trato digestivo e também foi removido do experimento.

Segundo McGuirk (2008), a doença mais importante em bezerros até 30 dias de idade é a diarreia, enquanto após os 30 dias, pneumonia se torna a mais importante, causando até 21% das mortes de bezerras em aleitamento. Essas doenças, e também a septicemia em neonatos representam as causas mais comuns de mortes em bezerras criadas para reposição de rebanhos

leiteiros. Das mortes do grupo 4L-60d, duas foram consequência de diarreia, duas por septicemia, uma por babesiose cerebral e outra por clostridiose. No grupo 6L-29d/4L-60d, as mortes foram consequência da diarreia. No grupo 6L-60d, três mortes foram por diarreia, uma por pneumonia, uma por deslocamento de abomaso e uma por acidente. As mortes parecem não ter relação com as estratégias de aleitamento.

4.2 Consumo de alimentos e desempenho

A concentração de proteína total (PT) mensurada em espectrofotômetro ou em refratômetro e a concentração de IgG no soro aos cinco dias de idade não foram diferente entre os bezerros distribuídos nos três grupos ($P>0,05$) (tabela 5). Os valores observados para IgG indicam adequada transferência de imunidade passiva, uma vez que, de acordo com Davis e Drackley (1998), valores abaixo de 10 mg IgG/mL indicam falha na transferência de imunidade passiva. Já Godden (2008) menciona que no mínimo 80% dos bezerros em um rebanho devem apresentar PT acima de 5,5 g/dL para que se considere boa colostragem. Apesar das médias acima ou próximas ao valor de 5,5 g/dL, apenas 31% e 74% dos bezerros apresentam PT acima de 5,5 g/dL quando mensurada em espectrofotômetro e refratômetro, respectivamente.

A correlação entre PT medida no refratômetro e no espectrofotômetro foi baixa ($r = 0,38$; $P<0,01$). Já a correlação entre PT medida no espectrofotômetro e IgG foi alta ($r = 0,78$; $P<0,01$), assim como entre PT medida no refratômetro e IgG ($r=0,64$; $P<0,01$).

Tabela 5. Concentração de proteínas totais (PT) mensurada em refratômetro e espectrofotômetro e concentração de IgG em bezerros Holandeses aos cinco dias de idade

Método de avaliação	Estratégia de aleitamento		
	4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d
PT refratômetro (g/dL)	5,74 ± 0,58	5,78 ± 0,42	5,79 ± 0,48
PT espectrofotômetro (g/dL)	5,85 ± 2,05	4,66 ± 1,03	4,37 ± 0,67
IgG (mg/mL)	16,00 ± 7,28	17,00 ± 4,15	14,45 ± 5,32

Médias na mesma linha para PT refratômetro e IgG não foram diferentes pelo teste SNK ($P>0,05$). Médias na mesma linha para PT espectrofotômetro não foram diferentes pelo teste Kruskal Wallis ($P>0,05$). PT refratômetro: CV = 8,5%; IgG: CV = 35,4%.

O peso médio (\pm desvio-padrão) dos bezerros na chegada ao local do experimento foi de 38,8 \pm 5,4; 37,1 \pm 4,4 e 38,5 \pm 4,8 para os grupos 4L-60d, 6L-29d/4L-60d e 6L-60d, respectivamente. Não houve diferença entre os pesos iniciais ($P>0,05$).

Em média, os bezerros foram transportados das fazendas ao local do experimento com dois dias de idade. Os valores observados para o peso inicial, que podem ser considerados representativos do peso ao nascimento, são inferiores aos relatados para machos da raça Holandesa em diversos trabalhos americanos, com valores entre 43,0 e 45,5 kg (Diaz et al.,

2001; Quigley et al., 2006; Khan et al., 2007b; Hill et al., 2009). Este menor peso ao nascimento pode estar relacionado à menor expressão do potencial genético da raça Holandesa nos rebanhos de Minas Gerais, devido a condições de ambiente, instalações e nutrição, que resultam em menor peso adulto e também em menor peso ao nascimento.

Devido às estratégias de aleitamento pré-determinadas, o consumo médio de sucedâneo em cada mês, em kg de sólidos (kg % PV/dia) e litros (L %PV/dia) em relação ao peso do bezerro, foi diferente entre os três grupos avaliados (tabela 6). O consumo médio no primeiro mês, no entanto, foi inferior à quantidade oferecida nos três grupos. No grupo 4L-60d, o consumo em litros foi de 3,9 L/dia, enquanto nos grupos 6L-29d/4L-60d e 6L-60d o consumo foi de 5,6 L/dia. No segundo mês o consumo médio de sucedâneo foi igual à quantidade oferecida.

Tabela 6. Consumo em kg/dia e litros/dia de sucedâneo em percentual do PV¹ (média ± desvio-padrão) por bezerros Holandeses no primeiro e segundo meses de aleitamento

	Mês	Estratégia de aleitamento		
		4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d
kg % PV/dia	1	1,270 ± 0,001 ^{bA}	1,824 ± 0,002 ^{aA}	1,744 ± 0,002 ^{aA}
	2	1,126 ± 0,001 ^{bB}	1,097 ± 0,002 ^{cB}	1,471 ± 0,001 ^{aB}
L % PV/dia	1	10,16 ± 0,01 ^{bA}	14,59 ± 0,01 ^{aA}	13,95 ± 0,02 ^{aA}
	2	9,01 ± 0,01 ^{bB}	8,77 ± 0,02 ^{cB}	11,76 ± 0,01 ^{aB}

Letras minúsculas distintas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,001).kg % PV/dia e L % PV/dia: CV = 7,3%

¹A diluição utilizada foi de 1 kg de sucedâneo em pó para cada oito litros de sucedâneo preparado.

PV = peso vivo.

Para cada grupo, o consumo médio diário em relação ao peso dos animais (kg %PV/dia e L %PV/dia) foi maior no primeiro mês (P<0,001), o que está de acordo como aumento de peso e manutenção (grupos 4L-60d e 6L-60d) ou redução (grupo 6L-29d/4L-60d) da quantidade de sucedâneo oferecida diariamente aos 30 dias de idade. Como não houve diferença no peso ao nascimento e a quantidade fornecida foi fixada independentemente do peso dos animais, o consumo médio em kg %PV/dia e L %PV/dia foi igual entre os grupos 6L-60d e 6L-29d/4L-60d (P>0,05), e menor no grupo 4L-60d (P<0,001) até 30 dias de idade. No segundo mês, no entanto, o consumo médio em kg %PV/dia e L %PV/dia foi menor no grupo 6L-29d/4L-60d em relação ao 4L-60d. Como os bezerros do grupo 6L-29d/4L-60d ganharam mais peso no primeiro mês devido à estratégia de aleitamento, os mesmos quatro litros (500 g de sólidos) oferecidos para os grupos 6L-29d/4L-60d e 4L-60d representaram menos em percentual do peso no grupo 6L-29d/4L-60d quando comparado ao 4L-60d durante o segundo mês de aleitamento.

Segundo Drackley (2008), uma regra simples para os sistemas de “crescimento acelerado” seria o fornecimento de 1,5% do PV/dia em sólidos na primeira semana de idade e 2% do PV/dia da segunda semana até o desaleitamento. Neste experimento, o grupo 6L-60d recebeu 1,7% do PV/dia na primeira semana e em média 1,6%/dia da segunda semana em diante,

variando de 1,4 a 1,9% do PV/dia neste período. Mesmo com o fornecimento de sucedâneo abaixo do recomendado por Drackley (2008) após a primeira semana, grande parte dos animais nos grupos 6L-60d e 6L-29d/4L-60d não ingeriram o total de seis litros (equivalente em média a 1,7 % do PV/dia) oferecidos por dia nas quatro primeiras semanas. Do total de 36 animais destes dois grupos, na primeira e segunda semanas 28 e 30 bezerros, respectivamente, recusaram parte do sucedâneo e ingeriram em média 5,0 L/dia. Nas semanas três e quatro, 14 e sete bezerros, respectivamente, recusaram parte do sucedâneo, com ingestão média de 5,7 L/dia. A partir da quinta semana, não houve mais sobras de sucedâneo em nenhum dos grupos. A grande incidência de diarreia observada nestas primeiras semanas e o desafio ambiental devido às chuvas podem ter resultado nessa menor ingestão de sucedâneo. Diaz et al. (2001) observaram que para atingir ganho de peso de 1,4 kg/dia em bezerros com menos de 65 kg, a concentração de sólidos no sucedâneo deveria ser maior que 18%, de forma que a ingestão de matéria seca necessária para tal ganho de peso pudesse ser atingida.

Jenny et al. (1982) relataram ganho de peso crescente até a quarta semana de idade com o fornecimento de sucedâneo com 10, 13, 16 ou 19% de sólidos a oito ou 10% do PV/dia. Outra opção para maior fornecimento de nutrientes em mesmo volume seriam as formulações com alta proteína. Blomeet al. (2003) observaram aumento linear do ganho de peso de duas a oito semanas de idade com o fornecimento de sucedâneos contendo 16,1; 18,5; 22,9 e 25,8% de proteína bruta, em volume correspondente a 12% do PV. O peso médio ao nascimento dos bezerros, como já mencionado, foi inferior ao relatado na literatura para a raça Holandesa. Grande parte do rebanho brasileiro é composto por animais mestiços, cujos bezerros são mais leves que aqueles de raça Holandesa, ou tem peso ao nascimento semelhante ao observado neste experimento. O sucedâneo foi diluído para 12,5% de sólidos, semelhante ao encontrado no leite integral. O fornecimento de sucedâneo menos diluído, com fornecimento de menor volume, poderia garantir a ingestão de maior quantidade de nutrientes em períodos de alto desafio, como as primeiras semanas de vida.

O consumo médio diário de matéria seca de concentrado não foi diferente entre os grupos ($P>0,05$). Houve efeito da idade, com aumento do consumo de concentrado a cada mês ($P<0,001$) (tabela 7). O aumento do consumo com a idade era esperado uma vez que a quantidade de sucedâneo fornecida não foi aumentada de acordo com o peso dos animais. Como com o crescimento há aumento das exigências para manutenção e ganho de peso, o animal aumenta o consumo de dieta sólida fornecida à vontade para compensar o que não pode ser obtido da dieta líquida.

Tabela 7. Consumo de concentrado em kg MS/dia (média \pm desvio-padrão) a cada mês por bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Mês	Estratégia de aleitamento			Média
	4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d	
1	0,070 \pm 0,045	0,067 \pm 0,036	0,059 \pm 0,031	0,065 \pm 0,037 ^c
2	0,362 \pm 0,279	0,413 \pm 0,215	0,385 \pm 0,166	0,386 \pm 0,219 ^b
3	1,905 \pm 0,553	2,019 \pm 0,388	2,272 \pm 0,307	2,065 \pm 0,432 ^a

Letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P<0,05$). CV = 44,8%

Durante o primeiro mês o consumo de concentrado foi baixo, independente da quantidade de sucedâneo fornecida. Fatores como estresse pelo transporte ou pelas condições ambientais, além da formulação do sucedâneo ou do concentrado podem ter resultado no baixo consumo observado. Outros autores também relataram baixo consumo de concentrado no primeiro mês de vida. Appleby et al. (2001) e Jasper e Weary (2002) relataram consumo de apenas 0,110 e 0,090 kg/dia, respectivamente, no primeiro mês de vida, com fornecimento de leite à vontade. Khan et al. (2007a) também observaram redução do consumo de concentrado com o fornecimento de leite a 20% do PV no primeiro mês de vida (0,189 kg/dia no aleitamento convencional e 0,120 kg/dia com maior fornecimento). Os bezerros que receberam seis litros/dia ingeriram 50% a mais de sucedâneo em relação àqueles aleitados com quatro litros/dia, diferença inferior à observada na literatura entre tratamentos convencionais e “acelerados”. O fornecimento de seis litros de sucedâneo não induziu resposta hipofágica como a relatada por Khan et al. (2007b) com o fornecimento de leite a 20% do PV, equivalente a 9,24 L/dia em média durante o primeiro mês.

Da mesma forma, o fornecimento diário de seis litros de sucedâneo não resultou em menor consumo de concentrado durante o segundo mês de idade. Os bezerros do grupo 6L-60d, devido ao maior consumo de sucedâneo, apresentaram maior peso aos 30 dias, o que resultou em maior necessidade de nutrientes para manter a taxa de crescimento. Por isso, mesmo com a manutenção dos seis litros/dia durante o segundo mês, o consumo foi igual ao dos demais grupos. O mesmo se aplica aos bezerros do grupo 4L-60d. Pelo fato de estes bezerros apresentarem menor ganho de peso e desenvolvimento durante o primeiro mês, sua exigência de nutrientes provavelmente foi inferior à dos demais grupos no segundo mês e por isso o consumo de concentrado foi igual entre eles.

Para o grupo 6L-29d/4L-60d, no entanto, era esperado maior consumo de concentrado no segundo mês em relação aos demais. Devido à maior ingestão de sucedâneo no primeiro mês, o que possibilitou maior ganho de peso, e à redução da quantidade de sucedâneo fornecido no segundo mês, era esperado que este grupo aumentasse o consumo de concentrado para suprir os nutrientes não fornecidos pela dieta líquida, o que não foi observado.

Como os horários de aleitamento foram mantidos e apenas a quantidade de sucedâneo foi reduzida de três para dois litros por fornecimento no grupo 6L-29d/4L-60d a partir dos 30 dias, os bezerros, já adaptados à rotina das duas refeições, provavelmente ficaram à espera do aleitamento seguinte, e mesmo sentindo fome, não consumiram grande quantidade de concentrado. Este comportamento é diferente do relatado por Lucci, em 1989, que mencionou que em situações de redução na quantidade de leite com redução também na frequência de aleitamento (fornecimento uma vez ao dia, por exemplo), o bezerro se adapta a esta situação e, sentindo fome, ingere o concentrado, ao invés de ficar aguardando o aleitamento da tarde.

Outra estratégia de aleitamento, com seis litros/dia no primeiro mês, duas vezes ao dia, e quatro litros/dia no segundo mês, uma vez ao dia, deve ser avaliada quanto aos seus efeitos sobre o consumo de concentrado. Cuidados devem ser tomados, no entanto, para que no momento da mudança para o aleitamento uma vez ao dia o consumo de concentrado seja

significativo, evitando assim perdas no desempenho já alcançado na fase inicial com maior quantidade de sucedâneo.

Como o consumo diário observado no primeiro mês no grupo 6L-29d/4L-60d foi de apenas 0,067 g/dia, provavelmente ainda não havia desenvolvimento ruminal suficiente para fermentação do concentrado ingerido e utilização de seus produtos como fonte de energia pelos bezerros, o que seria necessário para manter o ganho de peso uma vez que houve redução da ingestão de nutrientes originados do sucedâneo. O baixo consumo de concentrado observado no primeiro mês pode, portanto, ter prejudicado o aumento do consumo em resposta à redução da quantidade de sucedâneo fornecida diariamente no grupo 6L-29d/4L-60d.

A estratégia de aleitamento adotada também não influenciou o consumo de concentrado após o desaleitamento ($P > 0,05$). A diferença de consumo entre os grupos, apesar de não significativa, foi grande após o desaleitamento. O consumo do grupo 6L-60d foi aproximadamente 500 g/dia maior que o grupo 4L-60d na última semana (tabela 8), o que biologicamente significa quantidade considerável a mais de substrato para fermentação ruminal, podendo ter efeitos sobre o desenvolvimento dos pré-estômagos e o perfil energético dos animais. Outros autores observaram que, mesmo com redução do consumo de concentrado no período de aleitamento com maior quantidade de leite, o consumo de alimentos sólidos após o desaleitamento não foi prejudicado, podendo ser até mesmo superior ao consumo de bezerros aleitados de forma convencional (Jasper e Weary, 2002; Khan et al., 2007a). O consumo médio de concentrado observado, equivalente a 2,6% do peso médio durante o terceiro mês, pode ser considerado grande para a idade dos animais.

O consumo de concentrado foi diferente entre as semanas avaliadas (tabela 8). A cada semana o consumo foi superior ($P < 0,001$) ao da semana anterior, exceto da terceira para a quarta e da décima primeira semana em diante, quando aparentemente houve estabilização do consumo.

Assim como as estratégias de aleitamento adotadas para os grupos 6L-29d/4L-60d e 6L-60d não inibiram o consumo de concentrado durante o aleitamento, também não houve efeito negativo do maior fornecimento de sucedâneo sobre o consumo de alimentos sólidos no processo de desaleitamento. Na tabela 8 e figura 1 é possível observar que o consumo de concentrado, apesar de aumentar continuamente a cada semana, ainda era baixo na semana anterior ao desaleitamento (semana oito). Durante a semana nove, na qual ocorreu o desaleitamento abrupto, o consumo foi aproximadamente 46% maior em relação à semana anterior, e na primeira semana após o desaleitamento o consumo foi mais de três vezes o consumo da semana sete e maior que o dobro da semana oito. Este grande aumento no consumo observado próximo ao processo de desaleitamento demonstra que os animais estavam aptos a serem desaleitados, e que conseguiram aumentar o consumo de alimentos sólidos para suprir suas exigências nutricionais. O modelo que melhor se ajustou ao consumo de concentrado nas 13 semanas avaliadas foi o polinomial (figura 1).

Tabela 8. Consumo de concentrado (kg MS/dia) (média \pm desvio-padrão) por semana em bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Semanas	Estratégia de aleitamento			Média
	4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d	
1	0,026 \pm 0,027	0,016 \pm 0,014	0,011 \pm 0,007	0,018 \pm 0,019 ^j
2	0,052 \pm 0,031	0,051 \pm 0,041	0,054 \pm 0,020	0,053 \pm 0,031 ⁱ
3	0,086 \pm 0,064	0,065 \pm 0,042	0,065 \pm 0,040	0,072 \pm 0,050 ^h
4	0,094 \pm 0,076	0,095 \pm 0,055	0,079 \pm 0,062	0,089 \pm 0,064 ^h
5	0,131 \pm 0,101	0,173 \pm 0,133	0,114 \pm 0,080	0,140 \pm 0,107 ^g
6	0,211 \pm 0,201	0,283 \pm 0,215	0,199 \pm 0,144	0,230 \pm 0,187 ^f
7	0,354 \pm 0,363	0,405 \pm 0,272	0,336 \pm 0,146	0,365 \pm 0,269 ^e
8	0,539 \pm 0,399	0,593 \pm 0,285	0,517 \pm 0,196	0,550 \pm 0,298 ^d
9	0,772 \pm 0,541	0,865 \pm 0,301	0,782 \pm 0,290	0,805 \pm 0,381 ^c
10	1,614 \pm 0,546	1,772 \pm 0,392	1,771 \pm 0,410	1,719 \pm 0,434 ^b
11	1,917 \pm 0,571	2,199 \pm 0,438	2,417 \pm 0,255	2,177 \pm 0,465 ^a
12	2,122 \pm 0,583	2,286 \pm 0,452	2,758 \pm 0,400	2,389 \pm 0,533 ^a
13	2,375 \pm 0,667	2,181 \pm 0,452	2,751 \pm 0,458	2,436 \pm 0,599 ^a

Letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$). CV = 55,5%. O peso inicial foi covariável significativa ($P = 0,02$).

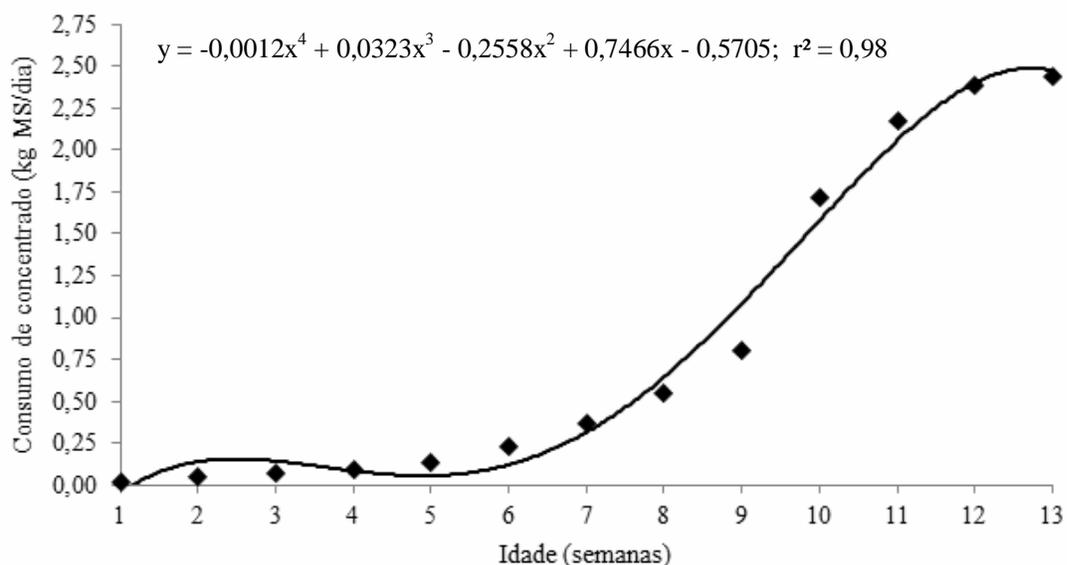


Figura 1. Consumo médio de concentrado em kg MS/dia por bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Os pontos (◆) representam as médias diárias a cada semana.

Além do consumo de concentrado, foi observado que os bezerros ingeriram a gramínea (*Paspalumnotatum*) presente no local no qual foram criados. A disponibilidade de forragem

era igual para todos os animais, mas ingestão de volumoso não foi mensurada. O consumo de feno por bezerros em aleitamento foi pequeno, com valores entre cinco e 59 g/dia até oito semanas de idade, em bezerros desmamados aos 30 dias (Coelho, 1999; Fontes et al., 2006).

Castells et al. (2012) observaram aumento em consumo de concentrado e taxa de ganho de peso com o fornecimento de forragem para bezerros em aleitamento. Bezerros recebendo quatro litros de leite/dia, concentrado e uma fonte de forragem à vontade até 50 dias de idade consumiram em média 0,050 kg de silagem/dia e 0,082 kg de feno/dia. Jasper e Weary (2002) e Khan et al. (2007a) relataram mudanças em consumo de feno em resposta ao fornecimento de maior volume de leite iguais às observadas para o consumo de concentrado. Assim, é provável que o consumo da gramínea tenha sido igual entre os grupos, já que não houve diferença no consumo de concentrado relacionada à estratégia de aleitamento. Não há relatos sobre consumo de pasto por bezerros em aleitamento, ou mesmo nas primeiras semanas após o desaleitamento, apesar de esta ser uma forma comum de criação de bezerros no Brasil.

A taxa de ganho de peso (tabela 9) aumentou a cada mês nos animais das três estratégias de aleitamento. O ganho de peso diário observado nos primeiros 30 dias foi maior nos grupos 6L-29d/4L-60d e 6L-60d, devido à maior ingestão de sucedâneo, quando comparados à média do grupo 4L-60d ($P=0,02$). É interessante notar que o ganho de peso foi aproximadamente três vezes maior nos grupos 6L-29d/4L-60d e 6L-60d, sendo que a estratégia de aleitamento forneceu apenas 50% a mais de sólidos por dia. Como a ingestão de concentrado foi igual e muito pequena nesta fase, é possível afirmar que a eficiência de ganho de peso com o fornecimento de seis litros de sucedâneo/dia foi maior do que aquela com o fornecimento de quatro litros/dia.

Tabela 9. Ganho de peso (kg/dia) a cada mês (média \pm desvio-padrão) de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Mês	Estratégia de aleitamento		
	4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d
1	0,065 \pm 0,131 ^{bc}	0,235 \pm 0,153 ^{aC}	0,208 \pm 0,156 ^{aC}
2	0,429 \pm 0,170 ^{aB}	0,402 \pm 0,121 ^{aB}	0,516 \pm 0,116 ^{aB}
3	0,734 \pm 0,175 ^{bA}	0,757 \pm 0,193 ^{bA}	0,995 \pm 0,150 ^{aA}

Letras minúsculas distintas nas linhas e maiúsculas nas colunas para cada parâmetro avaliados diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P<0,05$). CV = 39,8%.

Segundo Davis e Drackley (1998) a eficiência alimentar de bezerros se eleva com o aumento da taxa de ganho de peso ou do fornecimento de alimentos. Ainda, estes autores afirmam que a baixa eficiência alimentar de bezerros, quando comparados a cordeiros e leitões, é devida à restrição alimentar imposta aos bezerros alimentados a oito ou 10% do PV, que fornece pouco mais que o necessário para manutenção.

No segundo mês não houve diferença quanto ao ganho de peso entre os grupos recebendo quatro ou seis litros/dia. Pode-se observar que a taxa de ganho aumentou muito no grupo 4L-60d, mesmo sem que houvesse consumo significativamente maior de concentrado neste grupo. O grupo 6L-29d/4L-60d também apresentou maior taxa de ganho de peso no segundo mês, apesar da redução na quantidade diária de sucedâneo fornecida. No grupo 6L-60d, no

entanto, a taxa de ganho não foi superior à dos demais grupos como seria esperado, o que indica perda de eficiência de conversão alimentar por estes bezerros.

Após o desaleitamento o grupo 6L-60d apresentou maior taxa de ganho de peso que os demais ($P=0,02$), o que indica efeito da estratégia de aleitamento mesmo após a interrupção do fornecimento de sucedâneo. Dessa forma, é possível que a estratégia de aleitamento tenha resultado em maior desenvolvimento e capacidade do trato gastrointestinal, permitindo maior taxa de ganho de peso mesmo com consumo semelhante de concentrado entre os grupos. Este efeito de maior ganho de peso após o desaleitamento pode resultar em vantagens como melhor saúde neste período, além de possível redução da idade ao primeiro parto e aumento dos dias produtivos do animal no rebanho, principalmente se o ganho for superior também nos períodos seguintes (Shamay et al., 2005; Raeth-Knight et al., 2009). Além disso, pesquisas tem demonstrado maior produção de leite na primeira lactação quando a ingestão de nutrientes e o ganho de peso nos primeiros meses de vida são maiores (Van Amburgh, 2003).

Blome et al. (2003) observaram maior ganho de peso e eficiência de conversão alimentar com o aumento do teor de proteína do sucedâneo. Como os sucedâneos eram isocalóricos, o aumento do teor de proteína foi acompanhado por redução no percentual de gordura, com aumento da relação proteína:gordura do sucedâneo. O sucedâneo que resultou em melhor desempenho apresentava relação proteína:gordura de 1,4, valor próximo ao do sucedâneo utilizado neste experimento (1,32). No entanto, o sucedâneo aqui utilizado possui menor percentual de proteína e de gordura que o relatado por Blome et al. (2003).

Houve efeito também da estratégia de aleitamento e da idade em semanas sobre a taxa de ganho de peso diária ($P=0,03$) (tabela 10). O fornecimento de seis litros/dia permitiu ganho de peso superior em relação ao fornecimento de quatro litros/dia na primeira semana, caracterizada pelos desafios do transporte e da ocorrência de diarreias. Appleby et al. (2001) relataram ganho de peso de 0,360 kg/dia do nascimento aos 14 dias de idade, em bezerros aleitados com leite a 10% do PV e mantidos em baias em instalação coberta. Os autores relatam a ocorrência de diarreia neste período. Os valores de ganho de peso nas semanas um e dois, inferiores ao relatado por Appleby et al. (2001), podem indicar menor conforto térmico devido às chuvas e variação de temperatura. Soberon et al. (2012) também relataram efeito de baixa temperatura sobre o ganho de peso, mesmo com fornecimento de nutrientes acima do necessário para manutenção.

Segundo o NRC (2001), a exigência de energia metabolizável (EM) é de 1,59 Mcal/dia e a de proteína bruta (PB) 28 g/dia para manutenção de um bezerro de 40 kg recebendo apenas leite ou sucedâneo. Como a EM do sucedâneo foi estimada em 4,16 Mcal/kg, são necessários 382 g de sucedâneo para manutenção, o que resulta na utilização da EM de apenas 118 g de sucedâneo (0,49 Mcal/dia) para crescimento e ganho de peso no grupo 4L-60d, desconsiderando o baixo consumo de concentrado nesta fase inicial. Para ganho de peso de 200 ou 400 g/dia, a exigência de EM é de 2,04 e 2,63, respectivamente (bezerro de 40 kg). A ingestão de 500 g (quatro litros) do sucedâneo fornece 2,08 Mcal, valor próximo ao necessário para ganho de 200g/dia. Já a ingestão de 750 g (seis litros) fornece 3,12 Mcal, quantidade suficiente para ganho de peso entre 400 e 600 g/dia. A exigência de proteína aumenta mais que a de EM para

ganho de peso em relação à manutenção. Para ganho de 200 g/dia por bezerros de 40 kg é necessário 79 g de PB, o que é suprido pela ingestão de 500 g de sucedâneo. A ingestão de 750 g de sucedâneo fornece 168,75 g de PB, suficiente para o ganho de peso entre 400 e 600 g mencionado anteriormente. As exigências de EM e PB citadas são para bezerros saudáveis em condições termoneutras, de forma que a exposição a chuva, vento e frio ou calor excessivo resulta em aumento destas exigências (NRC, 2001). A relação energia:proteína do sucedâneo utilizado (0,184) é menor que a relatada para leite integral (0,211) pelo NRC (2001). A relação energia:proteína próxima à do leite em sucedâneos permite maior conversão alimentar.

Tabela 10. Ganho de peso (kg/dia) (média \pm desvio-padrão) a cada semana de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Semanas	Estratégia de aleitamento		
	4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d
1	0,050 \pm 0,356 ^{cD}	0,234 \pm 0,336 ^{bD}	0,411 \pm 0,512 ^{aC}
2	-0,072 \pm 0,168 ^{aD}	0,059 \pm 0,236 ^{aE}	-0,121 \pm 0,234 ^{aD}
3	0,037 \pm 0,186 ^{bD}	0,300 \pm 0,299 ^{aD}	0,293 \pm 0,336 ^{aC}
4	0,209 \pm 0,268 ^{aC}	0,338 \pm 0,261 ^{aD}	0,299 \pm 0,167 ^{aC}
5	0,247 \pm 0,229 ^{aC}	0,152 \pm 0,205 ^{aE}	0,343 \pm 0,240 ^{aC}
6	0,311 \pm 0,324 ^{aC}	0,421 \pm 0,227 ^{aD}	0,410 \pm 0,180 ^{aC}
7	0,466 \pm 0,261 ^{aB}	0,514 \pm 0,193 ^{aC}	0,611 \pm 0,222 ^{aB}
8	0,691 \pm 0,164 ^{aB}	0,508 \pm 0,119 ^{aC}	0,625 \pm 0,311 ^{aB}
9	0,519 \pm 0,226 ^{bB}	0,729 \pm 0,176 ^{abB}	0,910 \pm 0,229 ^{aA}
10	0,619 \pm 0,233 ^{aB}	0,721 \pm 0,310 ^{aB}	0,976 \pm 0,221 ^{aA}
11	0,874 \pm 0,213 ^{aA}	0,915 \pm 0,303 ^{aA}	1,076 \pm 0,232 ^{aA}
12	0,848 \pm 0,304 ^{aA}	0,711 \pm 0,262 ^{aB}	1,007 \pm 0,290 ^{aA}

Letras minúsculas distintas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$). Letras maiúsculas distintas nas colunas diferem pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). CV = 71,2%.

Na segunda semana, período durante o qual todos os bezerros apresentaram diarreia houve queda na taxa de ganho nos dois grupos recebendo seis litros/dia, igualando ao valor observado no grupo 4L-60d nas duas primeiras semanas. O fornecimento de maior quantidade de sucedâneo não foi suficiente para reduzir o impacto da ocorrência de diarreia sobre o desempenho.

Jasper e Weary (2002) observaram redução do consumo voluntário de leite entre sete e 14 dias de idade, o que coincidiu com o período de maior ocorrência de diarreias, como observado também neste trabalho, mesmo com quantidade limitada de sucedâneo. Segundo Borderas et al. (2007), a redução do apetite é parte da resposta comportamental a infecções e também da resposta adaptativa às citocinas pró-inflamatórias. Fatores como o estresse causado pela grande quantidade de chuva também podem ter contribuído para a redução do apetite, evidenciado anteriormente pelo número de bezerros que recusaram parte do

sucedâneo fornecido nas primeiras quatro semanas e também pela redução na taxa de ganho de peso durante a segunda semana.

Após este período de maior incidência de diarreia, o fornecimento de maior quantidade de sucedâneo permitiu recuperação mais rápida do ganho de peso. Os bezerros dos grupos 6L-29d/4L-60d e 6L-60d retornaram à mesma taxa de ganho da semana um já na semana três, enquanto aqueles do grupo 4L-60d mantiveram a mesma taxa de ganho de peso, praticamente nula, durante as três primeiras semanas, aumentando para valores semelhantes aos dos demais grupos somente na quarta semana.

Assim como observado no ganho de peso avaliado mensalmente, a taxa de ganho de peso diária nas semanas anteriores ao desaleitamento foi igual entre os grupos ($P>0,05$), demonstrando perda de eficiência em conversão alimentar pelos bezerros do grupo 6L-60d neste período. A mudança de seis pra quatro litros por dia no grupo 6L-29d/4L-60d, que ocorreu durante a quinta semana, resultou em queda na taxa de ganho de peso deste grupo ($P=0,03$). Esta redução no ganho de peso pode estar relacionada ao fato de que, apesar da redução da quantidade de sucedâneo oferecida, não houve aumento no consumo de concentrado maior que o observado nas demais estratégias de aleitamento ($P>0,05$).

Apesar da ausência de diferença no consumo entre os grupos ($P>0,05$), o consumo do grupo 6L-29d/4L-60d na semana da redução de sucedâneo fornecido aumentou duas vezes mais em relação aos outros, e na semana seguinte foi 50% maior. Independentemente do consumo de concentrado, o suprimento de nutrientes do alimento melhor utilizado pelos bezerros foi reduzido e conseqüentemente houve menor ganho de peso. A taxa de ganho de peso foi reestabelecida na semana seguinte para valor igual ao da quarta semana e igual também ao dos demais grupos ($P>0,05$). Devido ao grande coeficiente de variação observado, característico da análise de consumo de concentrado por bezerros em aleitamento, os valores podem não ter apresentado diferença estatística.

Após o desaleitamento não houve diferença quanto ao ganho de peso diário avaliado a cada semana entre os grupos ($P>0,05$). A diferença numérica entre os valores observados no grupo 6L-60d quando comparados ao 4L-60d e ao 6L-29d/4L-60d, no entanto, é grande e biologicamente significativa. O ganho de 200 a 300 g a mais por dia durante os 30 dias pós-desaleitamento avaliados resulta em grande diferença de peso. A redução na taxa de ganho de peso no grupo 6L-29d/4L-60d entre as semanas 11 e 12 não pode ser explicada, uma vez que não houve diferença no consumo de concentrado e as condições ambientais às quais os animais estavam submetidos eram as mesmas. O aumento do AGNE entre 75 e 90 dias de idade (tabela 12), discutido adiante, indica aumento da mobilização de reservas, com impacto sobre o ganho de peso.

A figura 2 mostra as equações de regressão linear para ganho de peso diário em cada estratégia de aleitamento. É possível perceber que a inclinação das curvas dos grupos 4L-60d e 6L-60d foram muito semelhantes, mas com ganho sempre superior para mesma idade no grupo que recebeu maior quantidade de leite. A inclinação da curva do grupo 6L-29d/4L-60d foi menor que a dos demais, o que está relacionado à redução na taxa de ganho de peso

consequente à redução da quantidade de sucedâneo aos trinta dias de idade, como discutido anteriormente.

Segundo Bartlett et al. (2006), a maior eficiência de ganho de peso com aleitamento em maior quantidade está relacionada ao fornecimento de nutrientes acima da exigência para manutenção. A utilização de sucedâneos com maior teor de PB resulta em maior eficiência pela deposição de proteína e água associada, quando há energia suficiente na dieta. Bartlett et al. (2006) e Drackley (2008) relatam que o fornecimento de sucedâneo com 20% PB em grande quantidade (14% do PV) resulta em deposição de gordura porque sobra energia. Já o fornecimento de sucedâneo com alto teor de proteína (28% PB) em quantidade convencional também é prejudicial, pois nesse caso há perda de proteína da dieta e baixo desempenho dos animais. A quantidade de proteína e a taxa de fornecimento devem ser ajustadas para que haja equilíbrio entre ingestão de energia e proteína e o ganho de tecido magro possa ser maximizado.

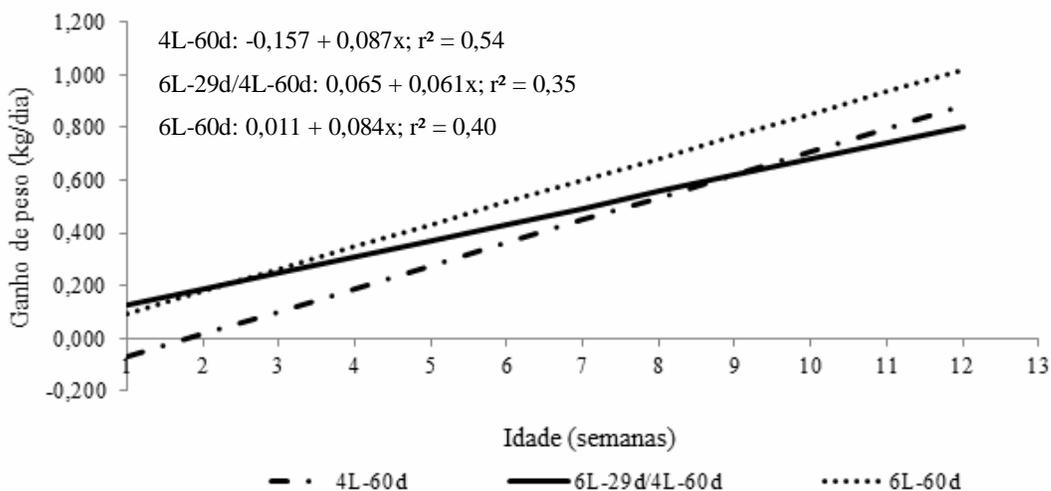


Figura 2. Ganho de peso em kg/dia de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

O teor de PB do sucedâneo utilizado (21%) pode ter limitado o ganho de peso no grupo 6L-60d, já que com a maior taxa de fornecimento houve grande ingestão de energia, mas sem proteína suficiente, o que pode ter resultado em ganho de tecido adiposo e menor eficiência alimentar. Assim, pelo teor de proteína do sucedâneo utilizado, maior parte dos nutrientes pode ter sido direcionada para ganho de tecido adiposo, ao invés de tecido magro, que tem menor custo energético para deposição, como mencionado por Diaz et al. (2001). A deposição de gordura, desde que não reduza o crescimento ósseo e muscular dos bezerros, pode ser vantajosa como reserva de energia para o período do desaleitamento.

Segundo Drackley (2008), a exigência de proteína para manutenção de bezerros é pequena e pouco alterada por estresse térmico. Dessa forma, a exigência de proteína é determinada principalmente pela taxa de crescimento. Já para manutenção, a exigência de energia é alta.

Mesmo sem que energia e proteína no sucedâneo estejam balanceadas, o fornecimento de maior volume de sucedâneo foi importante devido à condição de estresse térmico.

Como consequência das estratégias de aleitamento, o peso ao desaleitamento e aos 90 dias de idade foi igual entre os grupos 4L-60d e 6L-29d/4L-60d ($P>0,05$) e maior no grupo 6L-60d ($P=0,005$) (tabela 11 e figura 3). Segundo Soberon et al. (2012), o peso aos 60 dias deve ser o dobro do peso ao nascimento. Esta meta não foi atingida neste experimento, sendo que no grupo 6L-60d seria necessário ganho de mais 255 g/dia em média durante os 60 dias para que o peso ao desaleitamento fosse o dobro do peso ao nascimento. O baixo ganho de peso no primeiro mês está relacionado à ocorrência de estresse térmico e também pelas doenças. Dessa forma, em condição de menor desafio o ganho de peso de 400 a 600 g/dia possível de ser obtido com o fornecimento de seis litros de sucedâneo poderia ser alcançado, atingindo a meta de dobrar o peso ao nascimento aos 60 dias de idade.

Tabela 11. Peso mensal (kg) (média \pm desvio-padrão) de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Idade (dias)	Estratégia de aleitamento		
	4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d
2	38,4 \pm 4,2 ^{aC}	38,2 \pm 4,2 ^{aD}	38,3 \pm 4,2 ^{aD}
30	40,2 \pm 4,4 ^{bC}	44,5 \pm 4,9 ^{aC}	44,0 \pm 4,9 ^{aC}
60	52,2 \pm 5,8 ^{bB}	55,8 \pm 6,2 ^{bB}	60,2 \pm 6,7 ^{aB}
90	75,0 \pm 8,3 ^{bA}	76,8 \pm 8,5 ^{bA}	86,7 \pm 9,6 ^{aA}

Letras minúsculas distintas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P<0,05$). CV = 11,1%. As médias foram ajustadas para a covariável peso ao nascimento ($P<0,01$).

O fornecimento de seis litros de sucedâneo durante os 60 dias de aleitamento permitiu peso aproximadamente 10% maior ao desaleitamento e 13% maior aos 90 dias de idade neste grupo quando comparado aos demais. Um dos desafios para os sistemas de “crescimento acelerado” é a manutenção da diferença de peso obtida durante a fase de aleitamento no período seguinte. O manejo adotado, caracterizado pela manutenção dos animais na mesma instalação por 30 dias após o desaleitamento, com o fornecimento da mesma dieta sólida oferecida durante todo o período anterior pode ter favorecido o bom desempenho e alta taxa de ganho de ganho de peso observados entre 60 e 90 dias de idade.



Figura 3. Bezerros de 60 dias de idade que receberam quatro (esquerda) ou seis (direita) litros de sucedâneo/dia durante 60 dias

4.3 Perfil hormonal e metabólico

As concentrações de glicose e IGF-1 no plasma e insulina e AGNE no soro antes do fornecimento de alimento da manhã são apresentados na tabela 12.

A resposta esperada para glicose plasmática seria maior concentração nos bezerros que receberam maior quantidade de diária de sucedâneo devido à maior ingestão de lactose, como relatado por Smith et al. (2002) e Daniels et al. (2008). No entanto, não houve diferença entre os grupos em nenhum dos momentos avaliados. Os valores observados em todos os grupos até 60 dias de idade foram inferiores aos mencionados na literatura para bezerros com dietas semelhantes, também antes do aleitamento da manhã. A concentração de glicose esperada em bezerros e bovinos adultos é, respectivamente, 126 e 70 mg/dL, segundo Dirksen et al. (1993). Esta menor concentração poderia indicar que o aporte de glicose via lactose do sucedâneo não foi suficiente para promover glicemia adequada.

O teor de lactose do sucedâneo utilizado (44%), no entanto, é semelhante aos valores encontrados no leite e em outros sucedâneos. Dessa forma, a baixa glicemia durante o período de aleitamento está provavelmente mais relacionada ao intervalo de tempo entre o último aleitamento e a coleta de sangue (16 horas), ao pequeno consumo de concentrado,

principalmente no primeiro mês e ao estresse ao qual os animais estiveram submetidos pelas condições ambientais. Segundo Drackley (2008), o estresse térmico aumenta a exigência energética para manutenção, o que resulta em maior utilização da glicose circulante.

Os resultados indicam, portanto, que nas condições de manejo e ambiente deste experimento os bezerros apresentam algum grau de hipoglicemia antes do aleitamento da manhã. A concentração de glicose poderia ser mais alta no momento anterior ao aleitamento se o intervalo entre aleitamentos fosse menor, principalmente no primeiro mês quando o consumo de concentrado ainda não é significativo. Stanley et al. (2002) não observaram diferença na concentração de glicose antes do aleitamento da manhã com o aleitamento feito uma ou duas vezes ao dia, mas com grande consumo de concentrado no período avaliado (200 g/dia já na segunda semana).

A variação da concentração de glicose com a idade foi inversa ao relatado na literatura (Quigley et al., 1991; Stanley et al., 2002). Smith et al. (2002) relataram aumento da concentração de glicose após a alimentação nas primeiras três semanas, com redução nas semanas seguintes, o que é atribuído à utilização de produtos da fermentação ruminal como fonte de energia, com a glicose obtida da lactose do sucedâneo representando menor parte da energia ingerida pelos bezerros. A figura 4 mostra a equação de regressão para a concentração de glicose plasmática. Pela regressão, assim como pelas médias (tabela 12), percebe-se que a concentração plasmática de glicose variou pouco com a idade até o desaleitamento, apesar da maior inclinação da curva com o aumento da idade neste período.

Após o desaleitamento, nas idades de 75 e 90 dias, a glicemia foi superior à observada durante o aleitamento ($P < 0,05$). A baixa glicemia aos 15 e 30 dias está relacionada, como já mencionado, ao intervalo entre o último aleitamento e a coleta de sangue e ao estresse à que os animais estavam submetidos devido à intensidade das chuvas e extremos de temperatura. De 60 dias em diante a concentração de glicose aumentou, provavelmente devido ao maior consumo de concentrado. O maior consumo, associado à maior capacidade termorregulatória dos bezerros devido à idade, resultou em maior concentração de glicose que a observada no período anterior. Este fato é confirmado pelo maior ganho de peso observado nestas idades, mostrando que havia mais energia disponível para ganho de peso, e também pela menor concentração de AGNE (tabela 12), indicando menor necessidade de mobilização de reservas para obtenção de energia.

Khan et al. (2007b) relataram concentração de glicose maior durante o período de aleitamento, com o fornecimento de leite integral, (72 a 87 mg/dL) e menor após o desaleitamento (59 a 74 mg/dL). Os valores do período pós-desaleitamento foram semelhantes aos aqui relatados. A coleta de sangue após a alimentação provavelmente resultaria em valores mais altos para concentração de glicose, assim como a glicemia seria mais alta até 60 dias de idade, podendo haver diferença entre os grupos até o desaleitamento.

Tabela 12. Concentração (média \pm desvio-padrão) de glicose plasmática (mg/dL), insulina sérica (μ UI/mL), IGF-1 plasmático (ng/mL) e AGNE sérico (mmol/L) antes do fornecimento de sucedânea bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Parâmetro	Estratégia de aleitamento	Idade						Média
		15	30	45	60	75	90	
Glicose (mg/dL)	4L-60d	66,8 \pm 10,7	52,8 \pm 7,8	54,3 \pm 15,0	66,9 \pm 14,6	67,2 \pm 7,2	83,8 \pm 14,9	
	6L-29d/4L-60d	62,4 \pm 27,3	54,0 \pm 17,0	63,7 \pm 17,1	58,1 \pm 24,6	79,6 \pm 12,8	73,4 \pm 19,7	
	6L-60d	53,8 \pm 17,8	50,6 \pm 20,7	62,2 \pm 12,0	71,2 \pm 17,3	74,6 \pm 14,6	81,7 \pm 25,3	
	Média	60,9 \pm 18,8 ^c	52,5 \pm 15,2 ^{bc}	60,1 \pm 14,6 ^{bc}	65,4 \pm 18,9 ^{abc}	73,8 \pm 12,4 ^{ab}	79,6 \pm 19,7 ^a	
Insulina (μ UI/mL)	4L-60d	15,6 \pm 3,9	14,2 \pm 3,4	14,8 \pm 4,7	15,2 \pm 4,6	17,4 \pm 6,0	21,0 \pm 6,3	16,4 \pm 5,1 ^{AB}
	6L-29d/4L-60d	13,5 \pm 1,4	12,2 \pm 2,8	9,8 \pm 1,1	14,1 \pm 2,4	18,1 \pm 5,7	14,3 \pm 5,6	13,7 \pm 4,3 ^B
	6L-60d	16,8 \pm 6,8	13,9 \pm 3,2	13,2 \pm 1,8	18,9 \pm 11,9	19,4 \pm 4,5	24,5 \pm 12,9	17,8 \pm 8,4 ^A
	Média	15,4 \pm 4,7 ^{abc}	13,4 \pm 3,1 ^{bc}	12,6 \pm 3,5 ^c	16,1 \pm 7,4 ^{abc}	18,3 \pm 5,2 ^{ab}	19,9 \pm 9,4 ^a	
IGF-1 (ng/mL)	4L-60d	99,0 \pm 109,4	109,6 \pm 110,1	70,2 \pm 54,5	70,5 \pm 30,7	47,5 \pm 15,9	103,1 \pm 59,4	
	6L-29d/4L-60d	141,0 \pm 153,1	125,3 \pm 119,0	75,3 \pm 71,1	55,8 \pm 30,1	131,3 \pm 99,4	108,8 \pm 79,4	
	6L-60d	114,8 \pm 52,7	138,9 \pm 103,4	90,5 \pm 37,5	131,8 \pm 121,6	113,4 \pm 82,3	131,2 \pm 105,1	
	Média	116,9 \pm 103,8	124,6 \pm 105,6	78,7 \pm 53,4	86,0 \pm 77,7	97,5 \pm 79,6	114,4 \pm 79,3	
AGNE (mmol/L)	4L-60d	0,340 \pm 0,105	0,308 \pm 0,246	0,151 \pm 0,111	0,149 \pm 0,087	0,089 \pm 0,024	0,086 \pm 0,016	
	6L-29d/4L-60d	0,299 \pm 0,181	0,259 \pm 0,182	0,153 \pm 0,087	0,126 \pm 0,028	0,069 \pm 0,043	0,090 \pm 0,037	
	6L-60d	0,346 \pm 0,288	0,284 \pm 0,224	0,225 \pm 0,170	0,121 \pm 0,045	0,082 \pm 0,022	0,098 \pm 0,022	
	Média	0,330 \pm 0,195 ^a	0,283 \pm 0,206 ^{ab}	0,176 \pm 0,125 ^{abc}	0,132 \pm 0,057 ^{bcd}	0,080 \pm 0,031 ^d	0,092 \pm 0,025 ^{cd}	

Letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas para cada parâmetro indicam diferença pelo teste SNK ($P < 0,05$). Glicose CV = 38,19%; AGNE CV = 23,79%, Insulina CV = 11,05 e IGF-1 CV = 14,42%.

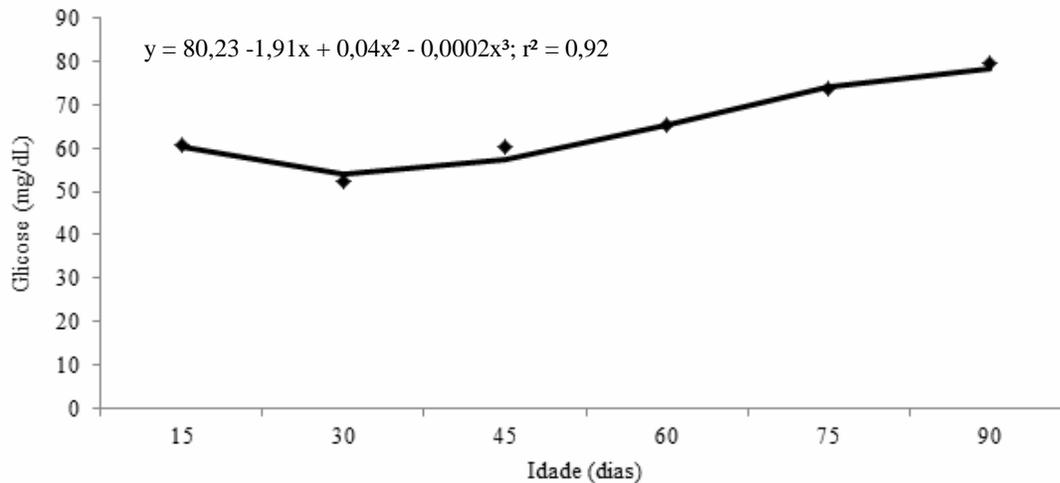


Figura 4. Concentração média de glicose (mg/dL) no plasma de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade. Os pontos (♦) representam as médias quinzenais observadas.

Coelho (1999) relatou maior variação na concentração de glicose do jejum até nove horas após a alimentação durante a fase de aleitamento. A glicemia manteve-se praticamente estável no intervalo avaliado quando os animais já estavam desaleitados e consumindo concentrado em quantidade significativa. Stanley et al. (2005) observaram que, a partir de seis semanas de idade, quando os bezerros foram desaleitados, a concentração de glicose não variou antes e até 180 minutos após alimentação. Essa pequena variação da glicemia ao longo do dia é característica de ruminantes, devido ao suprimento contínuo de propionato para o fígado (Bergman, 1990). Assim, a concentração de glicose plasmática observada nas coletas após o desaleitamento (75 e 90 dias de idade) é provavelmente mais representativa da glicemia média ao longo do dia do que os valores resultantes de coletas até 60 dias de idade, realizadas antes do aleitamento da manhã.

Em bezerros com restrição de leite a 10% do PV, o consumo de concentrado em grande quantidade após o desaleitamento pode resultar em concentração de glicose plasmática maior que a observada durante a fase de aleitamento, como observado por Webbet al. (1969). Segundo Davis e Drackley (1998), a combinação da fermentação ruminal do concentrado com a digestão do leite deve fornecer balanço de metabólitos suficiente para atender as exigências energéticas de bezerros de maneira eficiente.

Houve efeito da estratégia de aleitamento sobre a concentração de insulina no soro ($P < 0,05$) (tabela 12). A concentração foi maior no grupo 6L-60d em relação aos demais ($P < 0,05$), o que indica melhor perfil energético dos bezerros deste grupo durante todo o período avaliado. O grupo 4L-60d apresentou valores intermediários para concentração de insulina, enquanto a menor concentração foi observada no grupo 6L-29d/4L-60d ($P < 0,05$). A menor concentração de insulina neste grupo pode estar relacionada ao impacto da mudança no fornecimento de seis para quatro litros de sucedâneo/dia e à ausência de diferença no consumo de concentrado entre os grupos, que resultaram em menor suprimento de nutrientes e queda na taxa de ganho de peso deste grupo na semana 5 (tabela 10).

A resposta ao aumento de glicose com maior secreção de insulina pode ser percebida pela variação na insulina entre as idades ($P < 0,05$). A concentração sérica de insulina no período de aleitamento foi caracterizada por queda dos 15 aos 45 dias, quando a glicose também estava baixa, e aumento aos 60 dias ($P < 0,05$), momento no qual houve aumento da glicemia. Entre 60 e 90 dias de idade a concentração de insulina no soro não foi alterada (tabela 12). Como a glicemia manteve-se estável durante o período de aleitamento e aumentou no período seguinte, é justificável que a concentração de insulina seja maior também no período pós-desaleitamento.

As equações de regressão para concentração de insulina dos grupos 4L-60d e 6L-60d são apresentadas na figura 5. Nenhum modelo de equação de regressão se ajustou para a concentração de insulina do grupo 6L-29d/4L-60d. O padrão da concentração de insulina entre 15 e 90 dias de idade foi diferente do apresentado na literatura. Breieret al. (1988) e Smith et al. (2002), em coletas antes e após o fornecimento de alimento, respectivamente, observaram aumento da insulina plasmática com aproximadamente três a quatro semanas de idade, e queda com o desaleitamento, o que está provavelmente relacionado à redução da glicemia associada ao desenvolvimento ruminal. Os valores observados para insulina plasmática são inferiores aos relatados para animais aleitados de forma “acelerada”, principalmente quando comparados a valores pós-prandiais.

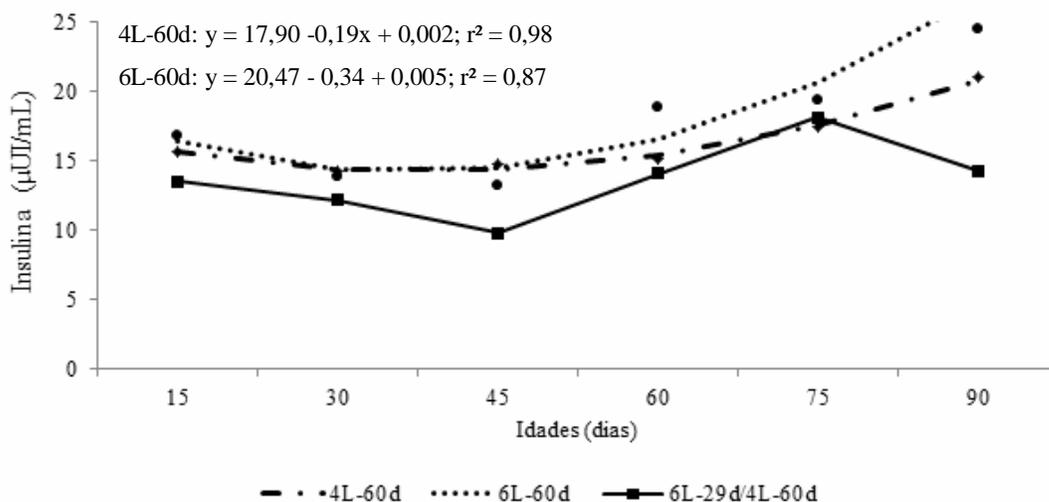


Figura 5. Concentração de insulina ($\mu\text{UI/mL}$) no soro de bezerros Holandeses em duas estratégias de aleitamento (4L-60d e 6L-60d) desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade. Os pontos representam as médias quinzenais observadas para 4L-60d (\blacklozenge), 6L-29d/4L-60d (\blacksquare) e 6L-60d (\bullet).

Daniels et al. (2008) também observaram o ponto de menor concentração sérica de insulina às seis semanas de idade (próximo aos 45 dias). Esta menor concentração de insulina sérica aos 45 dias pode estar relacionada ao aleitamento com quantidade constante de sucedâneo, independente do peso dos bezerros, de forma que a ingestão de lactose forneceu cada vez menos glicose proporcionalmente à exigência de energia. A ingestão de concentrado já era significativa nesta idade, mas devido ao processo de desenvolvimento ruminal e

estabelecimento da microbiota, provavelmente ainda não fornecia substrato suficiente para gliconeogênese hepática e aumento de insulina circulante.

A concentração de IGF-1 no plasma não foi diferente entre as três estratégias de aleitamento utilizadas ($P>0,05$) (tabela 12). Smith et al. (2002) relataram maior concentração de IGF-1 em bezerros com ganhos de peso de 0,950 e 1,400 g/dia em relação ao outro grupo com ganho de 0,500 g/dia. A diferença em quantidade de nutrientes ingeridos e em ganho de peso observada entre os grupos foi menor que a relatada por Smith et al. (2002), o que pode justificar a provável ausência de diferença entre as três estratégias de aleitamento.

Foi observada queda da concentração de IGF-1 entre 45 e 60 dias de idade, com posterior aumento para valores próximos aos observados aos 15 e 30 dias de idade, apesar da ausência de diferença entre as médias para cada idade ($P>0,05$) (tabela 12 e figura 6). Smith et al. (2002) e Daniels et al. (2008) relataram aumento da concentração de IGF-1 entre uma e nove semanas de idade. Nestes mesmos experimentos, o grupo em aleitamento convencional apresentou queda entre as semanas dois e quatro, respectivamente, voltando a aumentar nas semanas seguintes, comportamento semelhante ao observado neste experimento.

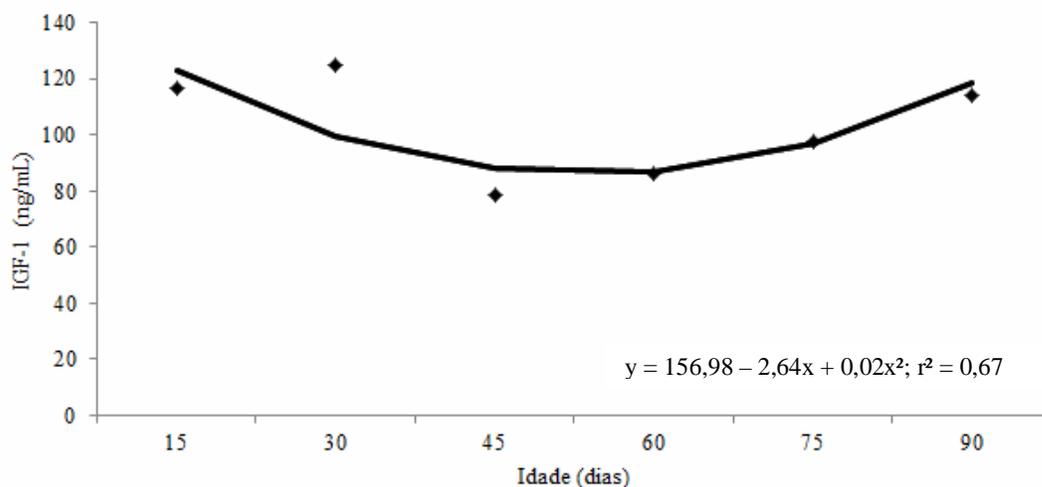


Figura 6. Concentração média de IGF-1 (ng/mL) no plasma de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento, desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade. Os pontos(♦) representam as médias quinzenais observadas.

Smith et al. (2002) afirmaram que o aumento da concentração de IGF-1 com a idade foi devido ao consumo cada vez maior de MS, já que a quantidade de sucedâneo fornecida era ajustada semanalmente para manter a taxa de ganho de peso. A ausência de efeito da idade sobre o IGF-1 plasmático pode estar relacionada, portanto, ao fornecimento de quantidade fixa (4L-60d e 6L-60d) ou reduzida (6L-29d/4L-60d) até 60 dias de idade. No momento do desaleitamento, é esperada queda nas concentrações de insulina e IGF-1, devido à menor absorção de nutrientes durante curto período de tempo e também à mudança da natureza dos nutrientes absorvidos (Breier et al., 1988). A redução da concentração de IGF-1 foi anterior ao desaleitamento, o que pode ser consequência de menor absorção de nutrientes, pela

manutenção da quantidade de sucedâneo fixa e pela transição do metabolismo para gliconeogênese hepática a partir de propionato.

Outra possibilidade para a queda do IGF-1 observada entre 45 e 60 dias de idade seria a resposta lenta de retorno do IGF-1 à concentração normal após período de deficiência nutricional. Segundo Thissen et al. (1994), após períodos de má-nutrição crônica em crianças, o reestabelecimento da concentração de IGF-1 pode demorar até 29 dias após a reabilitação nutricional. Assim, a queda do IGF-1 observada aos 45 dias de idade pode ser consequência da situação de baixa ingestão de matéria seca total e baixo ganho de peso, ou até mesmo perda, observada no primeiro mês de vida dos bezerros.

Breier et al. (1988) relatam redução da sensibilidade e redução no número de receptores para GH no fígado após período de subnutrição em novilhos. A concentração de IGF-1 está relacionada à taxa de ganho de peso (Smith et al., 2002). A ocorrência de subnutrição nas primeiras semanas de vida pelo fornecimento de dieta líquida em quantidade restrita até que haja consumo de concentrado em quantidade significativa pode resultar em período prolongado de baixa concentração de IGF-1, com consequente baixa taxa de ganho peso, resultando em bezerros leves ao desaleitamento.

A concentração sérica de AGNE não foi diferente entre os grupos ($P>0,05$) (tabela 12). Era esperada menor concentração de AGNE nos bezerros dos grupos 6L-60d e 6L-29d/4L-60d, no mínimo até a idade de 30 dias, devido ao maior aporte energético pela quantidade de sucedâneo ingerida. Segundo Harpes e Mayes (1968), os AGNE presentes no plasma são originados da lipólise de reservas corporais e também da ação da lipoproteína lipase durante a passagem dos triglicerídeos plasmáticos para os tecidos. Ainda, o processo de reesterificação depende da disponibilidade de glicose, o que determina maior concentração de AGNE circulante em situações de baixa glicemia.

O fornecimento de dietas com maior quantidade de gordura, como foi o caso dos bezerros que receberam maior quantidade de sucedâneo, pode aumentar a concentração de ácidos graxos livres no plasma. Assim, mesmo em situação de maior mobilização e menor reesterificação pelo grupo 4L-60d, a diferença entre as estratégias de aleitamento pode não ter sido percebida devido à influência dos lipídeos da dieta sobre a concentração de AGNE no soro.

Bartlett et al. (2006) relataram aumento de AGNE circulante em bezerros alimentados com sucedâneos ricos em gordura (19 a 23%), o que foi atribuído à utilização de banha como fonte de gordura. A fonte de gordura do sucedâneo utilizado neste experimento é o óleo de coco. A digestibilidade do óleo de coco é alta e semelhante à gordura do leite integral (Davis e Drackley, 1998), mas o perfil de ácidos graxos é diferente e caracterizado por maior quantidade de ácidos graxos saturados de cadeia longa (Graulet et al., 2004).

Apesar da concentração de gordura no sucedâneo ser moderada (17%), a fonte de gordura pode ter influenciado a concentração de AGNE na circulação, como observado na menor diferença entre os valores das coletas aos 30 e 45 dias no grupo 6L-60d (tabela 12). De acordo com estas inferências, a dosagem de AGNE pode não ser um bom meio para estimar balanço

energético e mobilização de reservas por bezerros em aleitamento como o é para bovinos adultos, devido ao baixo percentual de lipídeos da dieta.

A concentração de AGNE foi diferente nas seis idades avaliadas (tabela 12 e figura 7) ($P < 0,05$). A concentração sérica de AGNE foi maior aos 15 dias de idade, período de maior desafio pela incidência de diarreia e pelo pequeno consumo de concentrado, que resultam em ganho de peso praticamente nulo. A partir de 30 dias de idade, a concentração de AGNE reduziu a cada coleta, aumentando apenas de 75 para 90 dias.

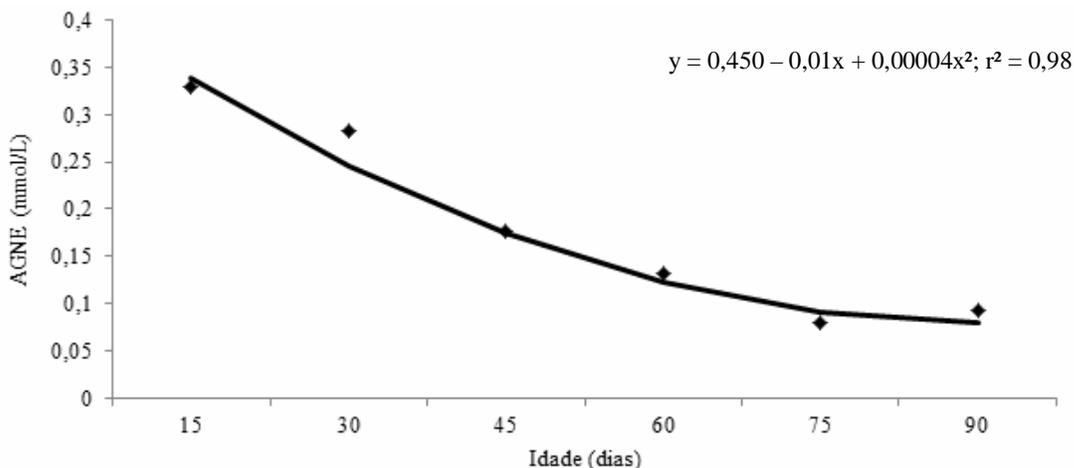


Figura 7. Concentração média de AGNE (mmol/L) no soro de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento, desaleitados aos 60 dias de idade.

Os pontos (◆) representam as médias quinzenais observadas.

Após o desaleitamento a concentração de AGNE foi menor que durante a fase de aleitamento ($P < 0,05$). Esta resposta era esperada uma vez que as coletas de sangue foram realizadas antes do aleitamento da manhã. Nas primeiras coletas ainda não havia consumo de concentrado significativo, contribuindo pouco com produção de AGV e proteína microbiana. O intervalo entre o aleitamento da tarde e o da manhã seguinte foi de 16 horas, o que gerou condição de hipoglicemia (tabela 12) e mobilização de reservas até que houvesse consumo de concentrado em quantidade suficiente para suprir parte das exigências nutricionais dos bezerros. Apenas a partir dos 60 dias de idade, as concentrações de glicose aumentaram e as de AGNE reduziram, demonstrando melhor balanço energético dos animais no momento da coleta de sangue.

A correlação entre glicose e AGNE circulantes em jejum foi negativa ($r = -0,49$; $P < 0,01$), como relatado também por Webb et al. (1969), demonstrando a mobilização de reservas em situações de baixa glicemia para suprir a demanda por energia. O fornecimento de maior quantidade de sucedâneo não resultou em concentrações menores de AGNE nas idades avaliadas. Valores altos de AGNE foram relacionados a menor função neutrofílica e logo menor capacidade de defesa do organismo contra patógenos em vacas no peri-parto (Hammon et al., 2006). O fornecimento de alimento em quantidade suficiente para suprir a demanda energética do animal e evitar mobilização de reservas é essencial para bom funcionamento do sistema imune.

Os valores de AGNE foram inferiores aos relatados por Khan et al. (2007b) e Daniels et al. (2008), no entanto esses valores podem estar superestimados devido a maior quantidade de gordura (21 a 28%) no sucedâneo utilizado por esses autores.

Segundo Harper e Mayes (1968), a concentração circulante de AGNE em bezerros pré-ruminantes varia ao longo do dia devido à flutuação no suprimento de nutrientes. À medida que a função ruminal é estabelecida, o suprimento de nutrientes se torna mais constante e os AGNE no soro variam menos ao longo do dia. Assim, é esperado que os valores observados nas idades de 15, 30 e até 45 dias representem o momento de maior concentração de AGNE em 24 horas, enquanto nas idades de 60, 75 e 90 dias, os valores reflitam a concentração observada em qualquer outro momento do dia.

A correlação entre AGNE e ganho de peso foi negativa ($r=-0,55$; $P<0,001$), demonstrando que a alta concentração de AGNE indica necessidade de catabolismo de tecido adiposo para manutenção da homeostase. Khan et al. (2007b) observaram maior concentração de AGNE após o desaleitamento em bezerros que foram aleitados de forma convencional, quando comparados aos aleitados em “*step-down*”. Esta queda na concentração de AGNE foi relacionada ao maior consumo de concentrado após o desaleitamento pelo grupo “*step-down*”. A ausência de diferença em consumo de concentrado entre os grupos (tabela 6) é condizente com os valores de AGNE observados para cada grupo nas idades de 75 e 90 dias.

4.4 Desenvolvimento do trato digestivo

4.4.1 Pré-estômagos, abomaso e fermentação ruminal

Houve aumento de peso dos pré-estômagos e abomaso com o avançar da idade ($P<0,001$) (tabela 13). O crescimento dos pré-estômagos é influenciado pela dieta, já o abomaso aumenta em peso proporcionalmente ao crescimento do animal e de forma independente da dieta sólida (Davis e Drackley, 1998).

O peso do rúmen-retículo aumentou aproximadamente sete vezes entre 30 e 90 dias de idade, enquanto o peso do bezerro apenas dobrou neste mesmo intervalo de tempo. Segundo Lyford (1993), o rúmen é porção do trato digestivo que mais cresce entre o nascimento e a vida adulta. O aumento de peso de rúmen-retículo e omaso foi maior entre as idades de 60 e 90 dias, quando comparado à diferença entre 30 e 60 dias, o que corresponde ao período de grande aumento da ingestão de concentrado devido ao desaleitamento. O desenvolvimento do omaso também é importante para o bezerro em transição para ruminante, já que absorve aproximadamente 12% do total de AGV produzidos no rúmen (Bergman, 1990). Resultados de Brownlee (1956) demonstram que o fornecimento de feno, gramínea verde ou concentrado para bezerros em aleitamento, reduz, nesta ordem, a proporção de peso do tecido muscular em

relação ao peso total do rúmen. Já Coelho (1999) não observou diferença no peso dos pré-estômagos vazios em bezerros alimentados com concentrado e feno ou apenas concentrado.

Tabela 13. Peso (média \pm desvio-padrão) dos pré-estômagos e abomaso vazios (kg) de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Compartimento	Idade	Estratégia de aleitamento			Média
		4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d	
Peso (kg)					
Rumino-retículo	30	0,350 \pm 0,088	0,394 \pm 0,068	0,313 \pm 0,054	0,353 \pm 0,075 ^C
	60	0,848 \pm 0,272	1,058 \pm 0,404	1,078 \pm 0,231	0,995 \pm 0,311 ^B
	90	2,359 \pm 0,571	2,571 \pm 0,605	2,664 \pm 0,499	2,531 \pm 0,543 ^A
	Média	1,186 \pm 0,944	1,341 \pm 1,018	1,352 \pm 1,051	
Omaso	30	0,084 \pm 0,017	0,095 \pm 0,027	0,072 \pm 0,017	0,084 \pm 0,022 ^C
	60	0,174 \pm 0,049	0,195 \pm 0,050	0,228 \pm 0,080	0,199 \pm 0,062 ^B
	90	0,473 \pm 0,115	0,439 \pm 0,146	0,640 \pm 0,137	0,517 \pm 0,154 ^A
	Média	0,244 \pm 0,184	0,243 \pm 0,171	0,313 \pm 0,261	
Abomaso	30	0,267 \pm 0,029	0,326 \pm 0,021	0,305 \pm 0,038	0,299 \pm 0,038 ^C
	60	0,300 \pm 0,057	0,363 \pm 0,076	0,390 \pm 0,038	0,351 \pm 0,068 ^B
	90	0,460 \pm 0,079	0,473 \pm 0,058	0,568 \pm 0,067	0,500 \pm 0,081 ^A
	Média	0,342 \pm 0,103 ^b	0,387 \pm 0,083 ^a	0,420 \pm 0,122 ^a	
Estômago total	30	0,702 \pm 0,100	0,815 \pm 0,086	0,690 \pm 0,075	0,736 \pm 0,101 ^C
	60	1,332 \pm 0,372	1,616 \pm 0,460	1,695 \pm 0,282	1,544 \pm 0,391 ^B
	90	3,292 \pm 0,707	3,483 \pm 0,603	3,871 \pm 0,564	3,549 \pm 0,640 ^A
	Média	1,772 \pm 1,217 ^b	1,971 \pm 1,222 ^a	2,086 \pm 1,409 ^a	

Letras minúsculas distintas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$). Rumino-retículo: CV = 76,5%; Omaso: CV = 78,0%; Abomaso: CV = 27,9%; Estômago total: CV = 65,3%.

Não houve efeito da estratégia de aleitamento sobre o peso do rúmen-retículo e omaso vazios ($P=0,23$ e $P=0,34$, respectivamente), o que é coerente com a ausência de diferença em ingestão de concentrado. O peso do abomaso foi diferente entre os grupos ($P=0,001$). O fornecimento de seis litros/dia contra quatro litros/dia aumentou a capacidade digestiva do abomaso, dado seu maior peso nos grupos que receberam maior quantidade de sucedâneo. É importante notar que esta suposta maior capacidade digestiva do abomaso ocorreu sem prejuízo ao desenvolvimento em peso dos pré-estômagos, principalmente do rúmen. Segundo Huber (1969), fatores que estimulam o desenvolvimento ruminal, como ingestão de grãos e produção de AGV também induzem maior crescimento das glândulas do abomaso. Devido à

diferença no peso do abomaso, o peso total dos estômagos vazios foi maior para os grupos 6L-29d/4L-60d e 6L-60d ($P=0,04$). Bernardes (2003) relatou peso de pré-estômagos vazios maiores que os observados neste experimento aos 30 e 60 dias, mas menores aos 90 dias. Esta diferença está relacionada provavelmente à idade ao desaleitamento. Bernardes (2003) desaleitou os bezerros aos 30 dias e o consumo de concentrado foi maior até os 60 dias, resultando em maior peso dos pré-estômagos. Já após o desaleitamento o menor peso indica que o aleitamento aos 60 dias de idade pode favorecer o desenvolvimento dos pré-estômagos após esta idade.

A proporção de rúmen-retículo, omaso e abomaso vazios em relação ao total dos estômagos não foi diferente entre os bezerros aleitados nas três estratégias ($P>0,05$) (tabela 14). Houve diferença na proporção de cada estômago em relação ao total nas três idades avaliadas ($P<0,01$). Aos 30, 60 e 90 dias o retículo-rúmen correspondeu à maior parte do total. Apesar de ser sempre o maior compartimento, o percentual do retículo-rúmen aumentou de 47,6% aos 30 dias para 63,6% aos 60 dias e 71,2% aos 90 dias. O percentual do abomaso reduziu com idade, principalmente após o desaleitamento (entre 60 e 90 dias), enquanto o do omaso aumentou, mas de forma menos expressiva que o retículo-rúmen.

Tabela 14. Proporção dos pré-estômagos e abomaso vazios em relação ao total (média \pm desvio-padrão) dos estômagos aos 30, 60 e 90 dias de idade em bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade.

Compartimento	Idade	Estratégia de aleitamento			Média
		4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d	
Rumino-retículo					
	30	49,3 \pm 0,06	48,1 \pm 0,04	45,3 \pm 0,05	47,6 \pm 0,05 ^C
	60	63,6 \pm 0,03	64,0 \pm 0,07	63,3 \pm 0,05	63,6 \pm 0,05 ^B
	90	71,5 \pm 0,04	73,4 \pm 0,06	68,6 \pm 0,04	71,2 \pm 0,05 ^A
Omaso					
	30	12,0 \pm 0,02	11,6 \pm 0,03	10,5 \pm 0,02	11,4 \pm 0,02 ^B
	60	13,2 \pm 0,01	12,4 \pm 0,03	13,4 \pm 0,04	13,0 \pm 0,03 ^{AB}
	90	14,4 \pm 0,02	12,8 \pm 0,05	16,7 \pm 0,03	14,6 \pm 0,04 ^A
Abomaso					
	30	38,7 \pm 0,07	40,3 \pm 0,04	44,2 \pm 0,03	41,0 \pm 0,05 ^A
	60	23,3 \pm 0,03	23,6 \pm 0,07	23,3 \pm 0,03	23,4 \pm 0,04 ^B
	90	14,1 \pm 0,02	13,7 \pm 0,02	14,7 \pm 0,01	14,2 \pm 0,02 ^C

Letras diferentes nas colunas para cada variável indicam diferença pelo teste SNK ($P=0,05$). Rumino-retículo: CV = 18,3%; Omaso: CV = 24,8%; Abomaso: CV = 45,5%.

O aumento do percentual do retículo-rúmen em relação ao total dos estômagos é devido principalmente ao desenvolvimento do rúmen, que com o início do consumo de alimentos sólidos aumenta em capacidade e musculatura, além do crescimento do epitélio. Segundo Davis e Drackley (1998), a proporção de rúmen-retículo (67%), omaso (18%) e abomaso (15%) em bezerros de 12 a 16 semanas de idade já são semelhantes às do animal adulto. Os

valores observados aos 90 dias foram semelhantes aos relatados por Davis e Drackley (1998) e indicam maturidade dos estômagos um mês após o desaleitamento. A ausência de diferença em consumo de concentrado e em peso dos pré-estômagos (peso úmido e proporções em relação ao total) entre bezerros aleitados com quatro ou seis litros de sucedâneo/dia indica que não houve interferência da estratégia de aleitamento no desenvolvimento dos pré-estômagos entre 30 e 90 dias de idade.

Os valores de pH observados em todas as idades, tanto no conteúdo coletado diretamente do rúmen (tabela 15) quanto coletado por sonda esofagiana (tabela 16), foram mais altos que os relatados na literatura. A mensuração de pH ruminal em conteúdo coletado por sonda esofagiana pode ser superestimada por contaminação com saliva (Davis e Drackley, 1998). Os valores obtidos pelas duas metodologias de coleta em momentos próximos nas idades de 30, 60 e 90 dias foram muito semelhantes, com maior diferença apenas aos 60 dias, o que permite afirmar que os valores observados para pH ruminal foram mais altos que os frequentemente relatados, independente da metodologia utilizada para coleta. A disponibilidade de gramínea verde (fresca) para ingestão, mesmo em pequena quantidade, pode ter favorecido a manutenção de ambiente ruminal mais estável, por estimular a ruminação e manter o pH mais alto.

Tabela 15. pH (média \pm desvio-padrão) de conteúdo ruminal coletado diretamente do rúmen no momento da necropsia de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Idade (dias)	Estratégia de aleitamento			Média
	4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d	
30	6,3 \pm 0,5	6,7 \pm 0,7	6,6 \pm 1,0	6,6 \pm 0,8 ^B
60	6,2 \pm 0,3	6,1 \pm 0,2	6,3 \pm 0,6	6,2 \pm 0,4 ^B
90	6,7 \pm 0,3	7,0 \pm 0,6	7,1 \pm 0,3	6,9 \pm 0,5 ^A

Letras maiúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$). CV = 8,8%

Bezerros com acesso a pasto começam a pastejar nas duas primeiras semanas de vida (Lyford, 1993). Segundo Coverdale et al. (2004), a adição de feno em partículas de tamanho controlado à dieta de bezerros jovens altera o ambiente ruminal de forma favorável. A ingestão de forragem em partículas longas pode estar relacionada aos valores de pH mais altos observados (Beharka et al., 1998). A utilização de gramíneas verdes, que tem menor efeito de enchimento e maior digestibilidade que forragens conservadas como o feno, podem resultar em benefícios ainda maiores para o ambiente ruminal.

Os valores de pH no conteúdo ruminal foram diferentes entre as idades avaliadas (tabela 16). Os pontos mais baixos foram observados aos 45 e 75 dias ($P < 0,001$), o que está relacionado a aumento no consumo de concentrado. Aos 45 dias, o aumento no consumo foi menos expressivo que aos 75, mas devido ao rúmen ainda em desenvolvimento, o pH quatro horas após a alimentação foi próximo àquele observado na primeira coleta após o desaleitamento. O pH mais alto aos 90 dias ($P < 0,001$) indica adequando desenvolvimento ruminal e capacidade de absorção dos AGV pelo epitélio, dado o consumo médio de 2,4 kg nesta idade (tabela 8).

Tabela 16. pH e concentração de N-NH₃ (média ± desvio-padrão) de conteúdo ruminal, coletado quatro horas após a alimentação por sonda esofágica, de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Idade (dias)	pH	N-NH ₃ (mg/100mL)
15	6,5 ± 0,6 ^B	7,99 ± 5,60
30	6,6 ± 0,7 ^B	11,39 ± 8,12
45	6,1 ± 0,6 ^C	10,08 ± 6,46
60	6,6 ± 0,6 ^B	11,36 ± 7,54
75	6,4 ± 0,5 ^{BC}	8,86 ± 5,92
90	7,0 ± 0,5 ^A	10,76 ± 6,61

Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença pelo teste SNK (P<0,001). pH: CV = 9,6%; N-NH₃: CV = 29,1%.

O pH médio das coletas quinzenais foi maior no grupo 6L-60d (6,7 ± 0,7) (P=0,01), e igual nos grupos 6L-29d/4L-60d e 4L-60d (6,4 ± 0,5 e 6,4 ± 0,7) (P>0,05). Biologicamente há pouco significado na diferença entre os valores de 6,4 e 6,7 para pH ruminal. Khan et al. (2007b) observaram, em conteúdo ruminal também coletado por sonda esofágica, valores de pH menores em bezerros aleitados em “*step-down*” devido ao maior consumo de concentrado. Após a redução da quantidade de leite fornecida, que resultou em aumento no consumo de concentrado, os autores relataram queda do pH de 6,46 aos 28 dias para 5,66 aos 49 dias.

Não houve efeito da estratégia de aleitamento sobre a concentração de N-NH₃ no rúmen (P>0,05) (tabela 16). A concentração de N-NH₃ não foi diferente entre as idades avaliadas. (P=0,08). Valores numericamente mais baixos foram observados aos 15 dias de idade e aumentaram nas coletas seguintes, o que está relacionado ao aumento no consumo de concentrado com a idade. Os pontos de concentração numericamente maior de N-NH₃ foram observados aos 30 e 60 dias de idade. Nestas idades, o consumo de concentrado estava aumentando, mas ainda era baixo se comparado ao observado nas semanas após o desaleitamento. A produção de amônia em excesso no rúmen indica ineficiência alimentar devido à perda de NH₃ por absorção pelo epitélio ruminal (Eschenlauer et al., 2002).

Nocek e Polan (1984) e Khan et al. (2007b) observaram maior concentração de nitrogênio amoniacal em bezerros que consumiram concentrado com maior teor de proteína degradável no rúmen e maior quantidade de concentrado, respectivamente. Estes autores relataram valores semelhantes para concentração de N-NH₃, de forma que a maior concentração observada aos 30 e 60 dias provavelmente está relacionada à menor utilização do N-NH₃ pela microbiota ruminal. Como a utilização do nitrogênio amoniacal ocorre principalmente pela população microbiana celulolítica, que se estabelece de forma significativa apenas em ambientes ruminais com valores de pH próximos a 6,0 (Owens e Goetsch, 1993), aos 60 dias provavelmente esta população bacteriana ainda não estava bem estabelecida no rúmen. Aos 90 dias, quando o consumo de concentrado e os valores de pH foram maiores, a população microbiana deve ter sido responsável pelo consumo de parte do N-NH₃ e redução da sua concentração.

Apesar da pequena ingestão de concentrado no primeiro mês, ocorreu fermentação ruminal, o que é demonstrado pela presença de AGV e amônia no rúmen, mesmo em pequenas quantidades. As concentrações de acetato, propionato e butirato aumentaram com a idade ($P < 0,05$), como esperado, devido ao aumento do consumo de concentrado (tabela 17). A proporção de cada um destes AGV em relação ao total é apresentada na figura 8. A redução na proporção de acetato e o aumento na proporção de propionato entre 15 e 90 dias de idade foram significativos ($P < 0,0001$). A proporção de butirato não foi diferente entre as idades ($P > 0,05$).

Houve efeito da estratégia de aleitamento apenas sobre a concentração de propionato, em mmol/100 mL e proporcionalmente ao total ($P < 0,05$) (tabelas 17 e 18). Essa diferença pode estar relacionada a diferenças na taxa de absorção do propionato pelo epitélio ruminal, já que, apesar da ausência de diferença em comprimento de papilas entre os grupos, área absorptiva e número de papilas por unidade de área não foram mensurados.

A proporção de acetato e propionato em relação ao total de AGV no rúmen variou com a idade dos bezerros ($P < 0,05$). Já a proporção de butirato no conteúdo ruminal foi a mesma em todas as idades ($P > 0,05$) (tabela 18). A proporção de acetato diminuiu dos 15 aos 90 dias, mudança que foi acompanhada por aumento na proporção de propionato (figura 8). Coelho (1999) observou que a proporção de acetato foi mais baixa três horas após alimentação e a de propionato mais alta neste mesmo tempo quando comparados às proporções antes da alimentação. Dessa forma, as proporções de 46% de acetato e 47% de propionato observadas aos 90 dias quatro horas após a alimentação são coerentes com a rápida fermentação do alimento concentrado, ingerido em maior quantidade.

Tabela 17. Médias das concentrações (mmol/100mL) dos AGV acetato, propionato e butirato e da concentração total de AGV no conteúdo ruminal de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Idade (dias)	AGV (mmol/100 mL)	Estratégia de aleitamento			Média
		4L-60d	6L-29d/ 4L-60d	6L-60d	
15	C ₂	1,60 ± 0,92	3,99 ± 3,69	1,69 ± 1,29	2,39 ± 2,41 ^C
	C ₃	1,28 ± 0,90	1,49 ± 0,97	0,78 ± 0,59	1,19 ± 0,85 ^D
	C ₄	0,23 ± 0,15	0,33 ± 0,23	0,18 ± 0,15	0,25 ± 0,18 ^C
	Total	7,43 ± 4,29	5,82 ± 4,40	2,65 ± 1,82	3,82 ± 3,09 ^E
30	C ₂	3,28 ± 2,85	1,70 ± 1,36	3,15 ± 3,52	2,67 ± 2,68 ^B
	C ₃	2,22 ± 1,97	0,90 ± 0,54	1,71 ± 1,38	1,58 ± 1,42 ^C
	C ₄	0,33 ± 0,23	0,16 ± 0,10	0,40 ± 0,46	0,27 ± 0,30 ^C
	Total	5,69 ± 4,40	2,77 ± 1,71	5,26 ± 5,31	4,52 ± 4,09 ^{DE}
45	C ₂	4,21 ± 3,39	2,90 ± 1,31	3,32 ± 2,25	3,48 ± 2,41 ^{BC}
	C ₃	2,82 ± 1,77	2,49 ± 1,27	1,89 ± 0,98	2,40 ± 1,36 ^C
	C ₄	0,46 ± 0,14	0,54 ± 0,22	0,51 ± 0,44	0,50 ± 0,28 ^B
	Total	7,49 ± 5,09	5,94 ± 2,61	5,72 ± 3,00	6,39 ± 3,63 ^{CD}
60	C ₂	3,10 ± 1,44	5,28 ± 1,64	3,09 ± 1,71	3,86 ± 1,86 ^B
	C ₃	3,08 ± 1,74	4,69 ± 1,67	2,55 ± 1,88	3,46 ± 1,92 ^B
	C ₄	0,69 ± 0,62	0,72 ± 0,25	0,45 ± 0,38	0,61 ± 0,42 ^{AB}
	Total	6,87 ± 3,15	10,68 ± 3,20	6,08 ± 3,84	7,93 ± 3,86 ^{BC}
75	C ₂	5,59 ± 1,09	5,80 ± 2,36	4,92 ± 0,76	5,44 ± 1,52 ^A
	C ₃	5,02 ± 1,02	5,30 ± 1,17	4,39 ± 0,75	4,90 ± 1,01 ^A
	C ₄	0,93 ± 0,38	0,68 ± 0,13	0,78 ± 0,15	0,80 ± 0,25 ^A
	Total	11,54 ± 2,19	11,78 ± 3,26	10,10 ± 1,60	11,14 ± 2,53 ^A
90	C ₂	4,33 ± 0,99	4,54 ± 1,51	4,20 ± 0,65	4,36 ± 1,05 ^{AB}
	C ₃	5,51 ± 1,93	4,59 ± 1,62	3,57 ± 0,71	4,55 ± 1,64 ^A
	C ₄	0,72 ± 0,19	0,60 ± 0,23	0,60 ± 0,23	0,70 ± 0,22 ^{AB}
	Total	10,57 ± 2,10	9,72 ± 3,26	8,54 ± 1,29	9,61 ± 2,37 ^{AB}
Média	C ₂	3,64 ± 2,30	3,98 ± 2,42	3,38 ± 2,13	
	C ₃	3,26 ± 2,12 ^a	3,20 ± 2,08 ^a	2,45 ± 1,61 ^b	
	C ₄	0,54 ± 0,39	0,50 ± 0,28	0,51 ± 0,38	
	Total	7,43 ± 4,29	7,68 ± 4,39	6,34 ± 3,82	

Letras maiúsculas nas colunas para cada parâmetro e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05). C₂(Acético): CV= 56,2%; C₃(Propiônico): CV= 66,3%; C₄(Butírico): CV = 67,6%; Total: CV= 58,4%.

Tabela 18. Proporção média de acetato, propionato e butirato em relação ao total de AGV no conteúdo ruminal de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Idade (dias)	AGV (%)	Estratégia de aleitamento			Média
		4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d	
15	C ₂	52,69 ± 3,99	63,00 ± 14,72	61,79 ± 10,36	0,59 ± 0,11 ^A
	C ₃	39,97 ± 3,75	30,50 ± 12,96	29,67 ± 7,94	0,34 ± 0,10 ^D
	C ₄	7,35 ± 0,67	6,51 ± 2,25	8,54 ± 6,23	0,07 ± 0,04
30	C ₂	55,77 ± 11,99	58,22 ± 15,09	56,35 ± 6,90	0,57 ± 0,11 ^{AB}
	C ₃	39,08 ± 11,16	35,51 ± 13,37	36,65 ± 8,20	0,37 ± 0,11 ^{CD}
	C ₄	5,15 ± 0,19	6,27 ± 2,14	7,00 ± 2,04	0,06 ± 0,02
45	C ₂	54,70 ± 7,63	49,19 ± 4,91	56,02 ± 11,68	0,53 ± 0,09 ^{ABC}
	C ₃	38,19 ± 8,04	41,17 ± 6,08	35,43 ± 9,69	0,38 ± 0,08 ^{BCD}
	C ₄	7,11 ± 2,54	9,64 ± 2,70	8,55 ± 4,45	0,08 ± 0,03
60	C ₂	45,98 ± 11,08	49,92 ± 8,40	54,91 ± 11,61	0,50 ± 0,11 ^{BC}
	C ₃	43,13 ± 6,01	43,33 ± 8,41	38,86 ± 9,25	0,42 ± 0,08 ^{ABC}
	C ₄	10,89 ± 11,66	6,75 ± 1,54	6,23 ± 2,76	0,08 ± 0,07
75	C ₂	48,58 ± 4,49	48,25 ± 4,68	48,76 ± 1,26	0,49 ± 0,04 ^C
	C ₃	43,55 ± 4,33	45,68 ± 3,51	43,48 ± 1,93	0,44 ± 0,04 ^{AB}
	C ₄	7,86 ± 1,99	6,07 ± 1,55	7,75 ± 0,82	0,07 ± 0,02
90	C ₂	41,99 ± 9,46	46,90 ± 3,02	49,30 ± 3,53	0,46 ± 0,07 ^C
	C ₃	51,21 ± 9,03	47,02 ± 3,43	41,59 ± 3,06	0,47 ± 0,07 ^A
	C ₄	6,80 ± 0,73	6,07 ± 1,14	9,11 ± 3,22	0,07 ± 0,02
Média	C ₂	50,15 ± 9,34	52,57 ± 10,86	54,62 ± 9,23	
	C ₃	42,34 ± 8,25 ^a	40,49 ± 10,16 ^a	37,56 ± 8,26 ^b	
	C ₄	7,51 ± 4,84	6,93 ± 2,26	7,82 ± 3,55	

Letras maiúsculas nas colunas para cada parâmetro e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05). C₂(Acético): CV = 18,9%; C₃(Propiônico): CV=22,6%; C₄(Butírico): CV=49,6%.

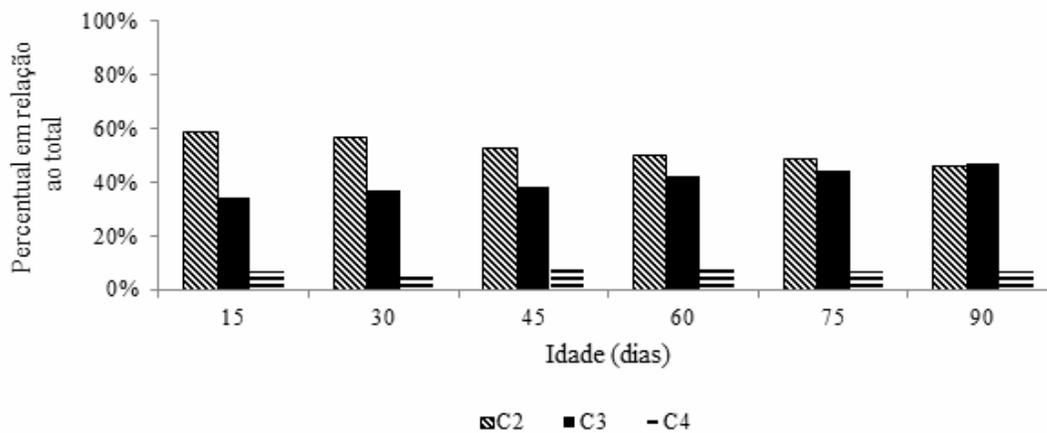


Figura 8. Proporção média de acetato (C₂), propionato (C₃) e butirato (C₄) em relação ao total de AGV no conteúdo ruminal de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

C₂(Acético): CV = 18,9%; C₃(Propiônico): CV=22,6%; C₄(Butírico): CV=49,6%.

Houve diferença quanto ao índice mitótico entre as estratégias de aleitamento ($P=0,003$) (tabela 19). Os bezerros que receberam maior quantidade de sucedâneo, tanto na estratégia 6L-29d/4L-60d quanto na 6L-60d, apresentaram maior índice mitótico que os do grupo 4L-60d. O maior índice mitótico indica maior proliferação do epitélio ruminal e é estimulado pela presença de AGV no rúmen.

Em carneiros, Sakata e Tamate (1979) observaram que propionato e acetato foram os AGV que mais estimularam o aumento do índice mitótico quando infundidos diretamente no rúmen. Dessa forma, o maior índice mitótico do grupo 6L-29d/4L-60d está provavelmente relacionado à maior concentração e proporção de propionato encontradas. Já no grupo 6L-60d, apesar da menor concentração de propionato, houve maior concentração de insulina, que pode estar relacionada ao desenvolvimento do epitélio ruminal. Ainda, considerando a possibilidade da menor concentração de propionato ser consequência da maior absorção ruminal, o efeito do AGV sobre o epitélio pode ser importante mesmo com baixa concentração no rúmen. O menor valor observado para índice mitótico no grupo 4L-60d deve ser consequência do consumo numericamente menor de concentrado após o desaleitamento, mesmo com concentrações de propionato semelhantes à do grupo 6L-29d/4L-60d. Outros fatores não mensurados podem ter influenciado o índice mitótico, além de ser possível que um conjunto de fatores determine a diferença observada entre as estratégias de aleitamento.

O índice mitótico não foi diferente entre as idades ($P=0,06$) (tabela 19). Era esperado aumento do índice mitótico com o maior consumo de concentrado. Com a produção e absorção de AGV, há maior estímulo à multiplicação das células da camada basal do epitélio ruminal. Este maior estímulo ao desenvolvimento do epitélio com o consumo de concentrado e com a idade foi observado pelo aumento do comprimento das papilas com a idade ($P<0,05$) (tabela 19). O aumento foi maior de 60 para 90 dias, quando o aumento no consumo de concentrado foi mais expressivo e o animal dependia exclusivamente de alimentos sólidos para obtenção de nutrientes. A estratégia de aleitamento não influenciou o comprimento das papilas ($P>0,05$),

uma vez que também não influenciou o consumo de concentrado. Khan et al. (2007b) relataram maior comprimento de papilas, assim como maior largura e concentração de papilas por área em bezerros que receberam maior quantidade de leite, o que foi atribuído ao maior consumo de concentrado no grupo em “*step-down*” e também ao fornecimento de concentrado desde os primeiros dias.

Tabela 19. Índice mitótico (IM) da camada basal do epitélio e comprimento das papilas (CP) do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Parâmetro	Idade (dias)	Estratégia de aleitamento			Média
		4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d	
IM (%)	30	0,39 ± 0,17	0,49 ± 0,10	0,53 ± 0,30	0,47 ± 0,21
	60	0,51 ± 0,20	0,67 ± 0,14	0,68 ± 0,12	0,62 ± 0,18
	90	0,39 ± 0,12	0,76 ± 0,18	0,61 ± 0,23	0,59 ± 0,23
	média	0,43 ± 0,17 ^b	0,64 ± 0,18 ^a	0,61 ± 0,23 ^a	
CP (mm)	30	0,46 ± 0,14	0,41 ± 0,13	0,34 ± 0,05	0,40 ± 0,12 ^B
	60	0,47 ± 0,08	0,60 ± 0,29	0,57 ± 0,17	0,55 ± 0,19 ^B
	90	1,75 ± 0,09	2,36 ± 0,60	2,39 ± 0,60	2,17 ± 0,55 ^A
	média	0,89 ± 0,63	1,12 ± 0,97	1,10 ± 1,00	

Letras minúsculas distintas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$). IM: CV = 33,0%.
Letras maiúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

Costa et al. (2008) observaram maior efeito de propionato sobre o crescimento das papilas. A diferença em concentração de propionato no rúmen pode não ter sido suficiente para induzir diferença no crescimento das papilas. Além disso, a concentração de AGV no rúmen relatada equivale a valores pontuais, ou seja, a diferença observada na concentração de propionato pode ser consequência de diferenças em velocidade de produção e absorção de AGV, mas o total absorvido não pode ser estimado.

A avaliação histológica do epitélio ruminal foi realizada apenas de forma descritiva. Não foram observadas alterações como paraqueratose ou hiperqueratose em graus que aparentem prejudicar a absorção de AGV pelo epitélio ruminal. A tabela 20 mostra a distribuição das alterações encontradas no epitélio por estratégia de aleitamento e idade. A variação entre as idades e estratégias de aleitamento foi grande, mas a ausência de alterações em grau três ou quatro indica que não houve consequências prejudiciais de nenhuma das estratégias de aleitamento utilizadas sobre o epitélio ruminal. A alteração observada que caracterizou grau dois na avaliação foi a existência de áreas de degeneração hidrópica no epitélio.

Tabela 20. Alterações (%) observadas no epitélio do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Idade (dias)	Estratégia de aleitamento
--------------	---------------------------

	4L-60d		6L-29d/4L-60d		6L-60d	
	Alterações (%)					
	1	2	1	2	1	2
30	50,0	50,0	66,7	33,3	100,0	0,0
60	50,0	50,0	50,0	50,0	33,3	66,7
90	66,7	33,3	83,3	16,7	16,7	83,3

O epitélio ruminal aumentou em espessura com a idade dos animais ($P < 0,001$), o que é coerente com o aumento do índice mitótico e desenvolvimento do epitélio ruminal observados (tabela 21). A camada de queratina do epitélio ruminal também se tornou mais espessa com a idade ($P = 0,03$), o que é resposta fisiológica ao aumento no consumo de concentrado, sem prejuízo para o desenvolvimento dos animais (tabelas 21 e 22). Da mesma forma, o grau de descamação aumentou com a idade e de forma semelhante entre as diferentes estratégias de aleitamento (tabela 23).

Tabela 21. Espessura do epitélio ruminal não queratinizado e da camada de queratina do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Parâmetro	Idade (dias)	Estratégia de aleitamento			Média
		4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d	
Epitélio não queratinizado (mm)	30	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01 ^B
	60	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01 ^A
	90	0,07 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,02 ^A
	média	0,06 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,06 ± 0,01	
Camada de queratina (mm)	30	0,015 ± 0,003	0,017 ± 0,004	0,013 ± 0,004	0,015 ± 0,004 ^B
	60	0,018 ± 0,004	0,017 ± 0,004	0,019 ± 0,006	0,018 ± 0,005 ^{AB}
	90	0,018 ± 0,006	0,019 ± 0,006	0,022 ± 0,008	0,019 ± 0,007 ^A
	média	0,017 ± 0,004	0,017 ± 0,005	0,018 ± 0,007	

Letras maiúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$). Epitélio não queratinizado: CV = 21,4%; Camada de queratina: CV = 30,7%.

Tabela 22. Grau de espessamento da camada de queratina do epitélio do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias

Idade (dias)	Estratégia de aleitamento								
	4L-60d			6L-29d/4L-60d			6L-60d		
	Grau de espessamento (%)								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3

30	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
60	66,7	33,3	0,0	66,7	33,3	0,0	33,3	66,7	0,0
90	66,7	33,3	0,0	83,3	16,7	0,0	83,3	0,0	16,7

Tabela 23. Grau de descamação da camada de queratina do epitélio do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias

Idade (dias)	Estratégia de aleitamento								
	4L-60d			6L-29d/4L-60d			6L-60d		
	Grau de descamação (%)								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
30	66,7	33,3	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
60	33,3	33,3	33,3	66,7	33,3	0,0	50,0	33,3	16,7
90	66,7	33,3	0,0	66,7	33,3	0,0	50,0	33,3	16,7

A presença de alimento entre as papilas foi mais frequente nos bezerros de 60 e 90 dias de idade, e é consequência também de maior consumo e enchimento ruminal (tabela 25). Os valores de pH ruminal observados, mais altos que o frequentemente relatado para bezerros em manejo semelhante é coerente com as características observadas na avaliação histológica do epitélio ruminal.

Tabela 24. Presença de alimento entre as papilas do saco ventral do rúmen de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento e desaleitados abruptamente aos 60 dias

Idade (dias)	Estratégia de aleitamento					
	4L-60d		6L-29d/4L-60d		6L-60d	
	Alimento entre as papilas (%)					
	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente
30	50,0	50,0	83,3	16,7	83,3	16,7
60	16,7	83,3	0,0	100,0	33,3	66,7
90	0,0	100,0	16,7	83,3	50,0	50,0

O consumo de concentrado em grande quantidade observado não resultou em lesões graves do epitélio ruminal, o que provavelmente está relacionado à disponibilidade de forragem fresca e aos valores de pH observados. As figuras 9 e 10 mostram, respectivamente, o epitélio ruminal de bezerros de 30, 60 e 90 dias macroscopicamente e em aumento de 40 vezes. Segundo Owens e Goetch (1993), a absorção de AGV estabiliza o pH ruminal. A condição do epitélio e a capacidade absorviva podem ter auxiliado na manutenção do pH em valores mais altos que os frequentemente observados.



Figura 9. Pré-estômagos e abomaso de bezerros de 30 (esquerda, acima), 60 (direita, acima) e 90 dias (abaixo) de idade, aleitados com seis litros de sucedâneo/dia e recebendo concentrado e água à vontade, desaleitados abruptamente aos 60 dias

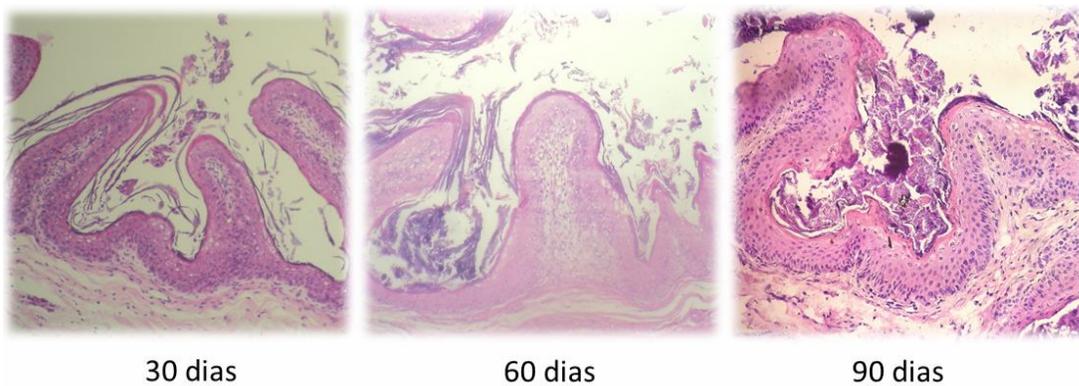


Figura 10. Epitélio ruminal em aumento de 40 vezes, de bezerros de 30, 60 e 90 dias de idade, aleitados com sucedâneo e recebendo concentrado e água à vontade

4.4.2 Intestino delgado

No momento da necropsia não foram observadas alterações macroscópicas no intestino delgado. Na avaliação histopatológica, no entanto, algumas alterações foram observadas. No grupo 4L-60d, um bezerro apresentou atrofia e fusão de vilosidades no duodeno e no jejuno, e outros dois apresentaram abscesso de cripta no íleo. Nenhuma alteração foi encontrada nos fragmentos de intestino delgado dos bezerros do grupo 4L-60d aos 60 dias de idade. Aos 90 dias, foi identificado em um mesmo animal enterite mural eosinofílica discreta no jejuno e no íleo. Já no grupo 6L-29d/4L-60d, dois bezerros apresentaram abscesso de cripta no jejuno, assim como a mesma alteração foi encontrada no íleo de outros três animais. Aos 60 dias, dois bezerros apresentavam enterite eosinofílica e plasmocitária multifocal discreta no duodeno. Aos 90 dias, dois animais apresentaram abscessos de cripta no íleo. No grupo 6L-60d foi observada alteração apenas no fragmento de jejuno de um bezerro de 30 dias de idade (abscesso de cripta).

Os bezerros que apresentaram lesões no intestino delgado estão entre os que passaram mais dias em diarreia dentro de cada uma das idades de avaliação. Ainda, todos os bezerros de 30 dias e um dos dois de 60 dias que apresentaram alterações estavam com diarreia no dia da eutanásia.

A atrofia de vilosidades é uma alteração comum em animais domésticos e resulta em má-absorção de nutrientes devido à perda de superfície absorptiva e ao comprometimento da digestão de dissacarídeos e peptídeos na superfície dos enterócitos (borda em escova). A má-absorção de carboidratos é componente importante da diarreia neonatal por coronavírus e rotavírus. Os nutrientes não absorvidos resultam em acúmulo de fluido por osmose no lúmen intestinal, acima da capacidade de reabsorção e líquido pelo cólon. Os abscessos de criptas, lesão observada em maior número, são acúmulos de granulócitos e debris de tecido necrosado na mucosa, consequência de inflamação do epitélio intestinal (Brown et al., 2007).

4.4.3 Órgãos e gordura peri-renal

O peso de fígado, pâncreas e baço aumentou com a idade ($P < 0,01$) (tabela 25), como esperado devido ao crescimento dos bezerros. Além do efeito da idade, as estratégias de aleitamento 6L-29d/4L-60d e 6L-60d resultaram em maior peso de fígado e pâncreas ($P < 0,001$) (tabela 25). Bartlett et al. (2006) e Hill et al. (2008) relataram maior peso de fígado e trato gastrointestinal em bezerros alimentados com sucedâneo em quantidade maior que o convencionalmente utilizado. O efeito positivo do fornecimento de maior quantidade de sucedâneo sobre o desempenho de bezerros é atribuído ao estímulo ao desenvolvimento de pâncreas e intestino delgado (Gorkáet al., 2011).

A quantidade de gordura peri-renal aumentou com a cada idade avaliada ($P = 0,08$) (tabela 25), o que era esperado uma vez que a taxa de ganho de peso aumentou e a concentração de

AGNE reduziu com a idade (tabelas 9 e 12). A estratégia de aleitamento não influenciou o peso da gordura peri-renal ($P=0,09$). Kristensen et al. (2007) observaram aumento da quantidade de gordura peri-renal com o fornecimento de maior quantidade de sucedâneo. A maior quantidade de gordura peri-renal indica aumento da reserva de tecido adiposo com o fornecimento de maior quantidade de leite. As reservas de tecido adiposo viscerais e abdominais são muito vascularizadas e mobilizadas rapidamente, ao contrário da gordura subcutânea (Schingoethe et al., 1993). Dessa forma, a gordura peri-renal representa boa reserva energética para bezerros jovens.

Tabela 25. Pesos de fígado, gordura peri-renal, pâncreas e baço de bezerros Holandeses em três estratégias de aleitamento desaleitados aos abruptamente 60 dias de idade

Estruturas avaliadas	Idade	Estratégia de aleitamento			Média
		4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d	
Fígado					
	30	0,952 ± 0,208	1,113 ± 0,191	0,964 ± 0,168	1,032 ± 0,188 ^B
	60	1,008 ± 0,182	1,103 ± 0,256	1,276 ± 0,143	1,115 ± 0,203 ^B
	90	1,624 ± 0,391	1,591 ± 0,256	2,004 ± 0,322	1,732 ± 0,316 ^A
	média	1,183 ± 0,215 ^b	1,280 ± 0,233 ^{ab}	1,416 ± 0,258 ^a	
Pâncreas					
	30	0,038 ± 0,009	0,040 ± 0,014	0,041 ± 0,007	0,040 ± 0,010 ^C
	60	0,054 ± 0,014	0,070 ± 0,010	0,072 ± 0,020	0,065 ± 0,017 ^B
	90	0,081 ± 0,020	0,100 ± 0,016	0,108 ± 0,016	0,096 ± 0,022 ^A
	média	0,060 ± 0,023 ^b	0,070 ± 0,028 ^a	0,074 ± 0,033 ^a	
Baço					
	30	0,098 ± 0,026	0,131 ± 0,027	0,109 ± 0,030	0,115 ± 0,030 ^C
	60	0,197 ± 0,104	0,136 ± 0,033	0,176 ± 0,049	0,167 ± 0,070 ^B
	90	0,184 ± 0,044	0,207 ± 0,067	0,225 ± 0,029	0,204 ± 0,049 ^A
	média	0,160 ± 0,077	0,158 ± 0,056	0,170 ± 0,060	
Gordura peri-renal					
	30	0,085 ± 0,047	0,117 ± 0,053	0,133 ± 0,053	0,112 ± 0,052 ^B
	60	0,071 ± 0,044	0,134 ± 0,087	0,118 ± 0,036	0,107 ± 0,063 ^{AB}
	90	0,116 ± 0,052	0,124 ± 0,043	0,193 ± 0,040	0,144 ± 0,055 ^A
	média	0,091 ± 0,049	0,125 ± 0,060	0,148 ± 0,053	

Letras minúsculas distintas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem pelo teste SNK ($P<0,05$). Fígado: CV=18,24%; Gordura peri-renal: CV=43,72%; Pâncreas: CV=23,75%; Baço: CV=30,58%

4.5 Análise financeira

Nas tabelas 26 e 27 são apresentados os resultados da análise financeira das três estratégias utilizadas para aleitamento dos bezerros. Durante a fase de aleitamento (tabela 26), o custo total foi maior nos grupos 6L-29d/4L-60d e 6L-60d, devido à maior quantidade de sucedâneo fornecida. Nesta fase, o consumo de concentrado, por ser pequeno e relativamente barato quando comparado ao sucedâneo, foi pouco significativo no custo total de alimentação. O

custo por kg de peso ganho foi aproximadamente 11% menor no grupo 6L-60d em relação aos demais. Este menor custo foi consequência do maior ganho de peso, e mesmo com maior custo total devido ao maior consumo de sucedâneo, o resultado econômico foi favorável a este grupo.

Tabela 26. Custo por kg de peso ganho em bezerros Holandeses em aleitamento com sucedâneo de leite em três estratégias do nascimento aos 60 dias de idade

Estratégia de aleitamento	Consumo total no período		Custo (R\$)			Ganho total (kg)	Custo por kg de peso ganho (R\$/kg)
	C (kg)	S (L)	C	S	Total		
4L-60d	12,96	237,6	7,78	159,19	166,97	14,4	11,60
6L-29d/4L-60d	14,40	289,5	8,64	193,97	202,61	17,4	11,64
6L-60d	13,32	347,7	7,99	232,96	240,95	23,2	10,39

C = Concentrado; S = sucedâneo

Os valores calculados para as três estratégias de aleitamento foram próximos. No entanto, o fornecimento de sucedâneo em quantidade maior que o convencionalmente utilizado (quatro litros, ou 500 g de sucedâneo) 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; Van Amburgh, 2011). A eficiência de ganho de peso foi maior nos grupos que receberam maior quantidade de sucedâneo no primeiro mês ($P < 0,01$) (tabela 28). Já durante o segundo mês de aleitamento e o período pós desaleitamento não houve diferença na eficiência de ganho de peso entre os bezerros aleitados nas três estratégias testadas.

Após o desaleitamento, o custo por kg de peso ganho foi menor no grupo 4L-60d, mas muito semelhante ao grupo 6L-60d (tabela 27). A diferença entre os três tratamentos, assim como durante a fase de aleitamento, foi pequena. Neste período, a diferença no custo é devida apenas ao consumo de concentrado e ao ganho de peso. Não houve diferença na eficiência de ganho de peso entre os grupos após o desaleitamento (tabela 28), o que permitiu manutenção da vantagem de peso do grupo 6L-60d até o final do período avaliado.

Tabela 27. Custo por kg de peso ganho em bezerros Holandeses desaleitados, de 60 a 90 dias de idade, que foram aleitados em três diferentes estratégias

Estratégia de aleitamento	Consumo de concentrado (kg)	Custo (R\$)	Ganho (kg)	Custo/kg (R\$/kg)
4L-60d	57,15	34,29	23,4	1,47
6L-29d/4L-60d	60,57	36,34	19,9	1,83
6L-60d	68,16	40,90	26,4	1,55

Tabela 28. Eficiência¹ de ganho de peso de bezerros Holandeses aleitados em três diferentes estratégias e desaleitados abruptamente aos 60 dias de idade

Idade (dias)	Estratégia de aleitamento		
	4L-60d	6L-29d/4L-60d	6L-60d
30	0,10 ± 0,20 ^b	0,27 ± 0,17 ^a	0,24 ± 0,17 ^a
60	0,48 ± 0,19	0,42 ± 0,08	0,46 ± 0,12
90	0,42 ± 0,07	0,41 ± 0,06	0,46 ± 0,03

Letras minúsculas distintas nas linhas diferem pelo teste SNK (P<0,01). 30 dias: CV = 89,0%; 60 dias: CV = 29,7%; 90 dias: CV = 12,4%.

¹Eficiência = kg de peso ganho / kg de alimento consumido

O fornecimento de seis litros de sucedâneo durante todo o período de aleitamento foi economicamente vantajoso nas fases pré e pós-desaleitamento. O fornecimento de seis litros no primeiro mês e quatro no segundo, da forma como foi utilizado, não foi economicamente viável, uma vez que resultou em ganho de peso semelhante e maior custo que o fornecimento de quatro litros durante os 60 dias.

5. Conclusões

A estratégia de aleitamento 6L-60d possibilitou maior taxa de ganho de peso que as demais, sem prejuízo ao consumo de concentrado nos períodos pré e pós-aleitamento. A maior eficiência de ganho de peso durante o aleitamento resultou em menor custo por kg de peso ganho. Além disso, a eficiência semelhante à do grupo 4L-60d após o desaleitamento permitiu a manutenção da diferença em peso mesmo após o desaleitamento.

O perfil metabólico dos bezerros variou mais com a idade do que com a estratégia de aleitamento imposta, demonstrando a transição de não ruminante pra ruminante. Ainda, pode-se inferir que a estratégia de aleitamento não alterou o estabelecimento da função ruminal, pela mudança do perfil metabólico para quadro característico de ruminantes adultos aos 90 dias em todos os grupos.

O desenvolvimento dos pré-estômagos semelhante entre os grupos é coerente com a ausência de diferença em consumo de concentrado. O fornecimento de maior quantidade de sucedâneo apresentou ainda efeito positivo sobre a proliferação do epitélio ruminal. O aleitamento com seis litros de sucedâneo durante 60 dias permitiu maior peso ao desaleitamento, sem redução do consumo de concentrado e com desenvolvimento ruminal semelhante aos dos demais grupos, o que resultou em melhor desempenho mesmo após o desaleitamento.

6. Referências Bibliográficas

AOAC: Official Methods of Analysis of AOAC International. 16 ed. Arlington: AOAC International. 1995. Capítulo 4: Animal Feed. Windham, W. R. p. 1- 30.

APPLEBY, M. C.; WEARY, D. M.; CHUA, B. Performance and feeding behavior of calves on ad libitum milk from artificial teats. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v. 74, p. 191-201, 2001.

BALDWIN, R. L.; MCLEOD, K. R.; KLOTZ, J. L. et al. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *J. Dairy Sci.*, v. 87(E. Suppl.), p. E55-E65, 2004.

BARTLETT, K. S.; MCKEITH, M. J.; VANDEHAAR, G. E. et al. Growth and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein at two different rates. *J. Anim. Sci.*, v. 84, p. 1454-1467, 2006.

BEHARKA, A. A.; HAGARAJA, T. G.; MORRILL, J. L. et al. Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J. Dairy Sci.*, v. 81, p. 1946-1955, 1998.

BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol. Rev.*, v. 70, n. 2, p. 567-590, 1990.

BERNARDES, E. B. Feno de tifton 85 ou caroço de algodão como fonte de fibra na dieta de bezerros de 0 a 90 dias de idade. 2003. 91 folhas. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BLOME, R. M.; DRACKLEY, J. K.; MCKEITH, F. K. et al. Growth, nutrient intake, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein. *J. Anim. Sci.*, v.81, p. 1641-1655, 2003.

BORDERAS, F. Illness and milk feeding level effects on calf behaviour. 2009. 164 folhas. Tese (PhD in Animal Science) - The University of British Columbia, Vancouver.

BORDERAS, F.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. et al. Letter to the editor: The effects of force-feeding sick dairy calves: a comment on Quigley et al. (2006). *J. Dairy Sci.*, v. 90, p. 3567-3568, 2007.

BREIER, B. H.; GLUCKMAN, P. D.; BASS, J. J. Plasma concentrations of insulin-like growth factor-I and insulin in the infant calf: ontogeny and influence of altered nutrition. *J. Endocrinol.*, v. 119, p. 43-50, 1988.

BROWN, C. C.; BAKER, D. C.; BARKER, I. K. Alimentary system. In: MAXIE, M. G. (Ed.) *Jubb, Kennedy and Palmer's Pathology of Domestic Animals*. 5. ed. St. Louis: Elsevier Saunders, 2007. Volume 2, cap. 1, p. 3-296.

BROWN, E. G.; VANDEHAAR, M. J.; DANIELS, K. M. et al. Effect of increasing energy and protein intake on body growth and carcass composition of heifer calves. *J. Dairy Sci.*, v. 88, p. 585-594, 2005.

BROWNLEE, A. The development of rumen papillae in cattle fed different diets. *Br. Vet. J.*, v.112, p. 369-375, 1956.

BULL, L. S.; BUSH, L. J.; FRIEND, J. D. et al. Incidence of ruminal parakeratosis in calves fed different rations and its relation to volatile fatty acid absorption. *J. Dairy Sci.*, v. 48, p. 1449-1456, 1965.

CASTELLS, LI.; BACH, A.; ARAUJO, G. et al. Effect of different forage sources on performance and feeding behavior of Holstein calves. *J. Dairy Sci.*, v. 95, p. 286-293, 2012.

CHASE, C. C. L.; HURLEY, D. J.; REBER, A. J. Neonatal immune development in the calf and its impact on vaccine response. *Vet. Clin. Food Anim.*, v. 24, p. 87-104, 2008.

COELHO, S. G. Ganho de peso e desenvolvimento do estômago de bezerros desaleitados aos trinta dias de idade e alimentados com concentrado e com ou sem feno. 1999. 123 folhas. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

COSTA, S. F., PEREIRA, M. N., MELO, L. Q. et al. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros: I - Aspectos histológicos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, v. 60, n. 1, p. 1-9, 2008.

COVERDALE, J. A.; TYLER, H. D.; QUIGLEY, J. D. et al. Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. *J. Dairy Sci.*, v. 87, p. 2554-2562, 2004.

DANIELS, K. M.; HILL, S. R.; KNOWLTON, K. F. et al. Effects of milk replacer composition on selected blood metabolites and hormones in preweaned Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, v. 91, p. 2628-2640, 2008.

DANIELS, K. M.; MCGILLIARD, M. L.; MEYER, M. J. et al. Effects of body weight and nutrition on histological mammary development in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, v 92, p. 499-505, 2009.

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

DAVIS RINCKER, L. E.; VANDEHAAR, M. J.; WOLF, C. A. et al. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. *J. Dairy Sci.*, v. 94, p. 3554-3567, 2011.

DE PASSILLÉ, A. M., MARNET, P. –G. LAPIERRE, H. et al. Effects of nursing on milk ejection and milk yield during nursing and milking in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 91, p. 1416-1422, 2008.

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. *J. Dairy Sci.*, v. 84, p. 830-842, 2001.

DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H. D.; STÖBER, M. *Rosenberger: Exame clínico dos bovinos*. 3. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 1993. 419p.

DONKIN, S. S.; ARMENTANO, L.E. Insulin and glucagon regulation of gluconeogenesis in preruminating and ruminating bovine. *J. Anim. Sci.*, v. 73, p. 546-551, 1995.

DRACKLEY, J. K. Calf nutrition from birth to breeding. *Vet. Clin. Food Anim.*, v.24, p. 55-86, 2008.

- ESCHENLAUER, S. C. P.; MCKAIN, N.; WALKER, N. D. et al. Ammonia production by ruminal microorganisms and enumeration, isolation, and characterization of bacteria capable of growth on peptides and amino acids from the sheep rumen. *Applied and Environmental Microbiology*. v. 68, n.10, p. 4925-4931, 2002.
- FLEENOR, W.A., STOTT, G.H. Single Radial Immunodiffusion Analysis for Quantitation of Colostral Immunoglobulin Concentration. *J Dairy Sci.*,v. 64 p.740-747, 1981.
- FONTES, F. A. P. V.; COELHO, S. G.; LANA, A. M. Q. et al. Desempenho de bezerros alimentados com dietas líquidas à base de leite integral ou soro de leite. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 58, p. 212-219, 2006.
- GARRET, W. N.; MEYER, J. H.; LOFGREEN, G. P. et al. Effect of pellet size and composition on feedlot performance, carcass characteristics and rumen parakeratosis on fattening steers. *J. Anim. Sci.*, v. 20, p. 833-838, 1961.
- GENTILE, A. Ruminal acidosis in milk-fed calves. *Large Animal Veterinary Rounds*, v. 4, n. 9, 2004. Disponível em: http://www.larounds.ca/crus/laveng_1104.pdf. Acesso em 19 nov. 2010. 26 jan. 2012.
- GODDEN, S. M. Colostrum management for dairy calves. *Vet. Clin. Food Anim.*, v. 24, p. 19-39, 2008.
- GODDEN, S. M.; FETROW, J. P.; FEIRTAG, J. M. et al. Economic analysis of feeding pasteurized nonsaleable milk versus conventional milk replacer to dairy calves. *JAVMA*, v. 226, n. 9, p. 1547-1554, 2005.
- GONZALEZ-JIMENEZ, E., BLAXTER, K. L. The metabolism and thermal regulation of calves in the first month of life. *Br. J. Nutr.*, v. 16, p. 199-212, 1962.
- GÓRKA, P.; KOWALSKI, Z. M.; PIETRZAK, P. et al. Is rumen development in newborn calves affected by different liquid feeds and small intestine development? *J. Dairy Sci.*, v. 94, p. 3002-3013, 2011.
- GRAULET, B.; GRUFFAT, D.; DURAND, D. et al. Small intestine and liver microsomal triacylglycerol transfer protein in the bovine and rat: effects of dietary coconut oil. *J. Dairy Sci.*, v. 87, p. 3858-3868, 2004.
- HAMMON, H; BLUM, J. W. The somatotropic axis in neonatal calves can be modulated by nutrition, growth hormone, and long-R³-IGF-I. *Am. J. Physiol.*, v. 273, p. E130-E138, 1997.
- HAMMON, D. S.; EVJEN, I. M.; DHIMAN, T. R. et al. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, v. 113, p. 21-29, 2006.
- HAMMON, H. M.; SCHIESSLER, G.; NUSSBAUM, A. et al. Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves des unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period. *J. Dairy Sci.*, v. 85, p. 3352-3362, 2002.
- HARPER, H. A.; MAYES, P. Metabolismo dos lipídeos. In: HARPER, H. A. *Manual de Química Fisiológica*. São Paulo: Atheneu Editora, 1968. Cap. 14. p. 261-298.
- HEINRICH, A. J. Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. *J.Dairy Sci.*, v. 76, p. 3179-3187, 1993.

- HILL, T. M.; ALDRICH, J. M.; PAS et al. Effects of changing the fat and fatty acid composition of milk replacers fed to neonatal calves. *Prof. Anim. Sci.* v. 23, p. 135-143, 2007.
- HILL, T. M.; BATEMAN II, H. G.; ALDRICH, J. M. et al. Optimizing nutrient ratios in milk replacers for calves less than five weeks of age. *J. Dairy Sci.*, v. 92, p. 3281-3291, 2009.
- HILL, S. R.; KNOWLTON, K. F.; DANIELS, K. M. et al. Effects of milk replacer composition, and nutrient excretion in preweaned Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, v. 91, p. 3145-3155, 2008.
- HOFMANN, R. R. Anatomy of the gastro-intestinal tract. In: CHURCH, D.C. *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: Waveland Press Inc., 1993. Cap. 2, p. 14-43.
- HOLMES, C. W., MCLEAN, N. A. Effects of air temperature and air movement on the heat produced by young Friesian and Jersey calves, with some measurements of the effects of artificial rain. *N. Z. Journal of Agricultural Research*, v. 18, p. 277-284, 1975.
- HOSTETTLER-ALLEN, R. L.; TAPPY, L.; BLUM, J. W. Insulin resistance, hyperglycemia, and glycosuria in intensively milk-fed calves. *J. Anim. Sci.*, v. 72, p. 160-173, 1994.
- HUBER, J. T. Development of the digestive and metabolic apparatus of the calf. *J. Dairy Sci.*, v. 52, p. 1303-1315, 1969.
- HUBER, J. T.; SILVA, A. G.; CAMPOS, O. F. et al. Influence of feeding different amounts of milk on performance, health, and absorption capability of baby calves. *J. Dairy Sci.*, v. 67, p. 2957-2963, 1984.
- HUGI, D.; BRUCKMAIER, R. M.; BLUM, J. W. Insulin resistance, hyperglycemia, glucosuria, and galactosuria in intensively milk-fed calves: dependency on age and effects of high lactose intake. *J. Anim. Sci.*, v. 75, p. 469-482, 1997.
- JASPER, J.; WEARY, D. M. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *J. Dairy Sci.*, v. 85, p.3054-3058, 2002.
- JENNY, B. F.; VAN DJIK, H. J.; GRIMES, L. W. Performance of calves fed milk replacer once daily at various fluid intakes and dry matter concentrations. *J. Dairy Sci.*, v. 65, p. 2345-2350, 1982.
- JOHNSON, D.D.; MITCHELL JR, G. E.; TUCKER, R. E. et al. Plasma glucose and insulin responses to propionate in preruminating calves. *J. Anim. Sci.*, v. 55, p. 1224-1230, 1982.
- KHAN, M. A.; LEE, H. J.; LEE, W. S. et al. Pre- and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. *J. Dairy Sci.*, v.90, p. 876-885, 2007a.
- 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. *J. Dairy Sci.*, v.90, p. 3376-3387, 2007b.
- KHAN, M. A., WEARY, D. M., VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: effects of milk ration on solid feed intake, weaning and performance in dairy heifers. *J. Dairy Sci.*, v.94, p. 1071-1081, 2011.
- KERTZ, A. F.; PREWIT, L. R.; EVERETT JR, J. P. An early weaning calf program: summarization and review. *J. Dairy Sci.*, v. 62, p. 1835-1843, 1979.

KERTZ, A. F.; REUTZEL, L. F.; MAHONEY, J. H. Ad libitum water intake by neonatal calves and its relationship to calf starter intake, weight gain, feces score, and season. *J. Dairy Sci.*, v. 67, p. 2964-2969, 1984.

KOOIJMAN, R.; HOOGUE-PETERS, E. L.; HOOGHE, R. Prolactin, growth hormone and insulin-like growth factor-I in the immune system. *Adv. Immunol.*, v. 63, p. 377-454. 1996.

KRISTENSEN, N. B.; SEHESTED, J.; JENSEN, S. K. Effect of milk allowance on concentrate intake, ruminal environment, and ruminal development in milk-fed Holstein calves. *J. Dairy Sci.*, v.90, p. 4346-4355, 2007.

LANE, M. A.; BALDWIN, R. L.; JESSE, B. W. Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatments. *J. Anim. Sci.*, v. 78, p. 1990-1996, 2000.

LESMEISTER, K. E.; TOZER, P. R.; HEINRICH, A. J. Development and analysis of rumen tissue sampling procedure. *J. Dairy Sci.*, v. 87, p. 1336-1344, 2004.

LUCCI, C. S. *Bovinos Leiteiros Jovens: Nutrição. Manejo. Doenças.* São Paulo: Nobel/Editora da Universidade de São Paulo, 1989. 371 p.

LUNA, L. G. Manual of histology staining methods of the armed forces institute pathology. 3. ed. New York: McGraw Hill, 1968. 258p.

LYFORD, S. J. Growth and development of the ruminant digestive system. In: CHURCH, D.C. *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition.* Englewood Cliffs: Waveland Press Inc., 1993. Cap. 3, p. 44-63.

LYFORD, S. J.; HUBER, J. T. Digestion, metabolism and nutrient needs in preruminants. In: CHURCH, D.C. *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition.* Englewood Cliffs: Waveland Press Inc., 1993. Cap. 19, p. 401-420.

MCCARTHY, R. D.; KESLER, E. M. Relation between age of calf, blood glucose, blood and rumen levels of volatile fatty acids, and in vitro cellulose digestion. *J. Dairy Sci.*, v. 39, p. 1280-1287, 1956.

MCGAVIN, M. D. ; MORRIL, J. L. Scanning electron microscopy of ruminal papillae in calves fed various amounts and forms of roughage. *Am. J. Vet. Res.*, v. 37, n. 5, p. 497-508, 1976.

MCGUIRK, S. M. Disease management of dairy calves and heifers. *Vet. Clin. Food Anim.*, v.24, p. 139-153, 2008.

MELO, L. Q. Morfometria ruminal e efeito do pH e do volume da digesta sobre a absorção de ácidos graxos voláteis. 2007. 60 folhas. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MEYER, M. J.; CAPUCO, A. V.; ROSS, D. A. et al. Developmental and nutritional regulation of the prepubertal heifer mammary gland: I. Parenchyma and fat pad mass and composition. *J. Dairy Sci.*, v. 89, p.4289-4297, 2006a.

MEYER, M. J.; CAPUCO, A. V.; ROSS, D. A. et al. Developmental and nutritional regulation of the prepubertal heifer mammary gland: II. Epithelial cell proliferation, parenchymal accretion rate, and allometric growth. *J. Dairy Sci.*, v. 89, p.4298-4304, 2006b.

MORISSET, J. Regulation of growth and development of the gastrointestinal tract. *J. Dairy Sci.*, v. 76, p. 2080-2093, 1993.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger Princípios de Bioquímica*. 3. ed. São Paulo: Sarvier. 2002. 975p.

NOCEK, J. E.; HERBEIN, J. H.; POLAN, C. E. Influence of ration physical form, ruminal degradable nitrogen and age on rumen epithelial propionate and acetate transport and some enzymatic activities. *J. Nutr.*, v. 110, p. 2355-2364, 1980.

NOCEK, J. E.; POLAN, C. E. Influence of ration form and nitrogen availability on ruminal fermentation patterns and plasma of growing bull calves. *J. Dairy Sci.*, v. 67, p.1038-1042, 1984.

NONNECKE, B. J.; FOOTE, M. R.; SMITH, J. M. et al. Composition and functional capacity of blood mononuclear leukocyte populations from neonatal calves on standard and intensified milk replacer diets. *J. Dairy Sci.*, v. 86, p. 3592-3604, 2003.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE. 7. ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 381p.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: Waveland Press Inc., 1993. Cap. 8, p. 145-171.

OWENS, S. W.; SARTIN, J. L.; KEMPPAINEN, R. J. Developmental alterations in the regulation of glucagon and insulin secretion in Holstein calves. *Am. J. Vet. Res.* V. 47, n. 2, p. 263-269, 1986.

QUIGLEY, J. D.; III; CALDWELL, L. A.; SINKS, G. D. et al. Changes in blood glucose, nonesterified fatty acids, and ketones in response to weaning and feed intake in young calves. *J. Dairy Sci.*, v. 74, p. 250-257, 1991.

QUIGLEY, J. D.; WOLFE, T. A.; ELSASSER, T. H. Effects of additional milk replacer feeding on calf health, growth and selected blood metabolites in calves. *J. Dairy Sci.*, v. 89, p. 207-216, 2006.

RAETH-KNIGHT, M.; CHESTER-JONES, H.; HAYES, S. et al. Impact of conventional or intensive milk replacer programs on Holstein heifer performance through six months of age and during first lactation. *J. Dairy Sci.*, v. 92, p. 799-809, 2009.

SAEG. *Sistemas de análises estatísticas e genéticas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - UFV. 2000.

SAMUELSON, D. A. Digestive system I: Oral cavity and alimentary canal. In:____. *Textbook of veterinary histology*. St. Louis: Saunders Elsevier, 2007. Cap. 14. p. 303-352.

SANDER, E. G.; WARNER, H. N.; HARRISON, H. N. Et al. The stimulatory effect of sodium butirate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *J. Dairy Sci.*, v. 42, p.1600-1605, 1959.

SAKATA, T.; TAMATE, H. Rumens epithelium cell proliferation accelerate by propionate and acetate. *J. Dairy Sci.*, v. 62, p.49-52, 1979.

SCHINGOETHE, D. J.; BYERS, F. M.; SCHELLING, G. T. Nutrient needs during critical periods of the life cycle. In: CHURCH, D.C. *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: Waveland Press Inc., 1993. Cap. 8, p. 145-171.

SHAMAY, A.; WERNER, D.; MOALLEM, U. et al. Effect of nursing management and skeletal size at weaning on puberty, skeletal growth rate, and milk production during first lactation of dairy heifers. *J. Dairy Sci.*, v. 88, p. 1460-1469, 2005.

SINGH, S. P., NEWTON, W. M. Acclimation of young calves to high temperatures: Physiologic responses. *Am. J. Vet. Res.*, v. 39, n. 5, p. 795-797, 1978.

SMITH, J. M.; VAN AMBURGH, M. E.; DÍAZ, M. C. et al. Effect of nutrient intake on the development of the somatotrophic axis and its responsiveness to GH in Holstein bull calves. *J. Anim. Sci.*, v. 80, p. 1528-1537, 2002.

SOBERON, F.; RAFFEENATO, E.; EVERETT, R. W. et al. Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J. Dairy Sci.*, v. 95, p. 783-793, 2012.

SPAIN, J. N.; SPIERS, D. E. Effects of supplemental shade on thermoregulatory response of calves to heat challenge in a hutch environment. *J. Dairy Sci.*, v. 79, p. 639-646, 1996.

STANLEY, C. C.; WILLIAMS, C. C.; JENNY, B. F. et al. Effects of milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.*, v. 85, p. 2335-2343, 2002.

SWEENEY, B. C.; RUSHEN, J.; WEARY, D. M. et al. Duration of weaning, starter intake, and weight gain of dairy calves fed large amounts of milk. *J. Dairy Sci.*, v. 93, p. 148-152, 2010.

THISSEN, J. P.; KETELSLEGERS, J. M.; UNDERWOOD, L. E. Nutritional regulation of the insulin-like growth factors. *Endocr. Rev.*, v. 15, n. 1, p. 80-101, 1994.

TOOFANIAN, F.; HILL, F. W. G.; KIDDER, D. E. The mucosal disaccharidases in the small intestine of the calf. *Ann. Rech. Veter.* v. 4, p. 57- 69, 1973.

VAN AMBURGH, M. E. Calf growth and development: New requirements and implications for future performance. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 2003, Tucson. *Southwest Dairy management Proceedings*, Tucson, 2003. p. 1-13.

VAN AMBURGH, M. E.; SOBERON, F.; KARZSES, J. et al. Taking the long view: treat them nice as babies and they will be better adults. In: WESTERN DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE, 2011, Reno. *Western Dairy management Proceedings*. Reno, 2011, p. 141-157.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.*, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VELAYUDHAN, B. T.; DANIELS, K. M.; HORREL, D. P. et al. Developmental histology, segmental expression, and nutritional regulation of somatotrophic axis genes in small intestine of preweaned dairy heifers. *J. Dairy Sci.*, v. 91, p. 3343-3352, 2008.

VIEIRA, F. A. P. Avaliação de fontes proteicas na formulação de sucedâneos do leite para bezerros. 2005. 69 folhas. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

WEBB, D. W.; HEAD, H. H.; WILCOX, C. J. Effect of age and diet on fasting blood and plasma glucose levels, plasma nonesterified fatty acids levels, and glucose tolerance in dairy calves. *J. Dairy Sci.*, v. 52, n. 12, p. 2007-2013, 1969.

WIJAYASINGHE, M. S.; SMITH, N. E.; BALDWIN, R. L. Growth, health, and blood glucose concentrations of calves fed high-glucose or high-fat milk replacers. *J. Dairy Sci.*, v. 67, p. 2949-2956, 1984.

WOODWARD, B. Protein, calories, and immune defenses. *Nutr. Rev.*, v. 56, n. 1, p. S84-S92, 1998.

ZITNAN, R.; KUHLA, S.; SANFTLEBEN, P. et al. Diet induced ruminal papillae development in neonatal calves not related with rumen butyrate. *Vet. Med. –Czech*, v. 50, n. 11, p. 472-479, 2005.

APÊNDICES

Anexo 1. Instalação (bezerreiro argentino) na qual o experimento foi conduzido

