

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

Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação

SORO DE LEITE E GLICERINA VEICULADOS

À ÁGUA PARA BORREGOS

TÁSSIA LUDMILA TELES MARTINS

Belo Horizonte

2013

TÁSSIA LUDMILA TELES MARTINS

SORO DE LEITE E GLICERINA VEICULADOS À ÁGUA PARA BORREGOS

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: Nutrição Animal

Orientador: Prof. *Iran Borges*

2013

Dissertação defendida e aprovada no dia 21 de Fevereiro de 2013, pela Comissão Examinadora constituída por:

Prof. Iran Borges
(Orientador)

Prof.^a Ana Luiza da Costa Cruz Borges

Prof.^a Iraides Ferreira Furusho Garcia

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram direta e indiretamente com a realização deste trabalho. Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	6
RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL	10
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA	11
1-Soro de leite na alimentação animal.....	11
2- Emprego da glicerina para ruminantes	14
3- Consumo de água por animais domésticos	16
4- Referências Bibliográficas.....	18
CAPÍTULO III - VALOR NUTRITIVO DO SORO DE LEITE EM DIETAS PARA OVINOS	22
Ensaio -1 Consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes e balanços de nitrogênio, energia e hídrico de dietas de borregos com diferentes teores de soro de leite	22
Resumo	22
1-Introdução	22
2-Material e Métodos	23
3-Resultados e Discussão.....	29
4- Conclusões.....	41
5- Referências Bibliográficas.....	41
CAPÍTULO IV – VALOR NUTRITIVO DO SUBPRODUTO DO BIODIESEL EM DIETAS PARA OVINOS. GLICERINA.....	45
Ensaio 1 – Consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes e balanço de nitrogênio, energia e hídrico de rações com teores crescentes de glicerina para borregos.....	45
Resumo	45
1-Introdução	45
2-Material e Métodos	46
3-Resultados e Discussão.....	52
4- Conclusões.....	58
5- Referências Bibliográficas.....	59
CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição do soro em base na matéria seca de diferentes trabalhos publicados	12
Tabela 2. Análise da concentração de glicerol, nutrientes e energia da glicerina de biodiesel de média pureza proveniente de diferentes fontes de oleaginosas.....	14
Tabela 3. Composição bromatológica e proporção dos ingredientes das rações formuladas com inclusões do soro de leite utilizadas para borregos	24
Tabela 4. Análise do soro de leite utilizado no presente estudo.....	25
Tabela 5. Médias de consumo diário (g/dia, g/ unidade de peso vivo, g/kg ^{0,75}) das frações matéria seca(CMS), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFND), fibra em detergente ácido(CFDA), matéria mineral (CMM), matéria orgânica (CMO), carboidratos totais (CCHT), carboidratos não fibrosos (CCNF) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT) de borregos alimentados com inclusões crescentes de soro de leite na dieta	30
Tabela 6. Equações de regressão dos consumos dos nutrientes em borregos alimentados com diferentes teores de inclusão do soro de leite	32
Tabela 7. Coeficientes de digestibilidade (%) em porcentagem dos nutrientes e teores do NDT (%) em rações de borregos alimentados dos diferentes teores de inclusão do soro de leite.....	35
Tabela 8. Consumos de energia bruta (CEB) em kcal/d, digestível (CED) em kcal/d e metabolizável (CEM) em kcal/d; energia bruta da urina (EBU), balanço energético (BENERG), nutrientes digestíveis totais (NDT) e consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) em função dos teores de inclusão do soro de leite	37
Tabela 9. Equações de regressão dos consumos de energia bruta (CEB), energia digestível (CED), energia metabolizável (CEM), digestibilidade da energia bruta (DEB) e balanço energético (BENER) em borregos alimentados dos diferentes inclusões do soro de leite.....	38
Tabela 10. Consumos de nitrogênio (CN) em g/d, nitrogênio Fecal (NF) g/d e nitrogênio urinário (NU) em g/d, nitrogênio retido (NR) em porcentagem e balanço nitrogenado (BN), em função da inclusão do soro de leite	38
Tabela 11. Equações de regressão do consumo de nitrogênio (CN) em g/d, balanço nitrogenado (BN) e nitrogênio retido (NR) em porcentagem em função da inclusão do soro de leite	39
Tabela 12. Consumo absoluto de água (CH ₂ O) em mL, relativo ao consumo de matéria seca (CH ₂ O/CMS) em mL/kg de MS ingerida, ao peso vivo (CH ₂ O/PV) em mL/kg, ao peso metabólico (CH ₂ O/PM) em mL/kg ^{0,75} , água da urina (H ₂ O URINA) em mL e balanço hídrico (BAL. HID) em função da inclusão de soro de leite	40
Tabela 13. Composição bromatológica e proporção dos ingredientes das dietas utilizadas nas rações experimentais com inclusões de glicerina para borregos	47
Tabela 14. Composição bromatológica e Teor de Energia da glicerina utilizada no presente estudo	48
Tabela 15. Médias de consumo diário em valores absolutos (g/dia) ou em razão da unidade de tamanho metabólico (g/kg ^{0,75}) das frações matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFND), fibra em detergente ácido(CFDA), carboidratos totais (CCHT), carboidratos não fibrosos (CCNF), nutrientes digestíveis total (CNDT) das dietas contendo quantidades crescentes de subproduto fornecidas a ovinos em função dos diferentes teores de inclusão de glicerina	52
Tabela 16. Equações de regressão dos consumos dos nutrientes em borregos alimentados dos diferentes teores de inclusão de glicerina.....	54
Tabela 17. Coeficientes de digestibilidade e teor de NDT (em porcentagem) dos nutrientes em borregos alimentados dos diferentes teores de inclusão de glicerina	55

Tabela 18. Consumos de Energia Bruta em Kcal/d (CEB), Digestível em Kcal/d (CED) e Metabolizável em Kcal/d (CEM); Digestibilidade da Energia Bruta (DEB) em %, Balanço Energético (BENERG), Energia Urinária (EBU), em função dos diferentes teores de inclusão da glicerina	56
Tabela 19. Consumos de nitrogênio (CN) g/animal/dia, balanço nitrogenado (BN), nitrogênio fecal g/animal/dia (NF) e nitrogênio urinário (NU) e nitrogênio retido (NR) em porcentagem em função do nível de inclusão de glicerina	57
Tabela 20. Consumo de água em mL (CH ₂ O), consumo de água em função do consumo de matéria (CH ₂ O/CMS) em mL/kg de MS ingerida, consumo de água em função do peso vivo (CH ₂ O/PV) em mL/kg, consumo de água em função do peso metabólico (CH ₂ O/PM), água da urina em mL(H ₂ O URINA) e balanço hídrico (BAL.HID) em função dos teores de inclusão de glicerina.....	58

RESUMO

Foram realizados dois ensaios com o objetivo de determinar o valor nutritivo dos subprodutos do processamento industrial do leite e do biodiesel, quais sejam, soro de leite e glicerina, para tal, foram realizadas provas de consumo voluntário e digestibilidade aparente, além dos balanços nitrogenado e da energia. Foram utilizados 25 borregos, mestiços alojados em gaiolas metabólicas em cada ensaio. Os teores na matéria seca dos subprodutos testados foram zero; 5; 10; 15 e 20% para o soro de leite e de zero; 3; 6; 9 e 12% para a glicerina, em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco repetições por tratamentos, sendo que o grupo testemunha foi comum aos dois ensaios. Observou-se que o consumo de matéria seca em gramas por animal foi maior para os animais dos tratamentos 5 e 10% de inclusão de soro de leite. Os consumos de proteína bruta, matéria mineral, carboidratos totais e nutrientes digestíveis totais também acompanharam o consumo de matéria seca, sendo maiores para os animais dos tratamentos 5 e 10% de soro de leite. Os crescentes teores de inclusão de soro não influenciaram nenhum coeficiente de digestibilidade. Para o consumo de energia bruta os animais dos tratamentos 5 e 10% de soro de leite foram maiores; quanto ao consumo de energia digestível, metabolizável e balanço energético, a inclusão de 20% de soro de leite apresentou os menores valores. A adição de soro de leite favoreceu o balanço nitrogenado. Os balanços energético e nitrogenado apresentaram-se positivos em todas as inclusões. Não se observou diferença no consumo de água, relativo ao consumo de matéria seca e ao peso metabólico ($P>0,05$). O consumo de água, em valor absoluto, e o balanço hídrico apresentaram resposta quadrática decrescente. A inclusão de soro em dietas para borregos deve situar próximo a 10% de inclusão. O consumo de matéria seca em gramas e em função do peso vivo não foi alterado ($P<0,05$) com as diferentes inclusões da glicerina. O consumo de matéria mineral por unidade de tamanho metabólico, aumentou com teor de 6% de glicerina sendo que o consumo de matéria mineral, em gramas por dia, também foi significativo para todos os tratamentos. A inclusão de 6% de glicerina proporcionou maior consumo de proteína bruta. A inclusão de glicerina nas rações proporcionou resposta quadrática para o consumo de extrato etéreo, tendo resposta quadrática para o consumo de matéria mineral por unidade de tamanho metabólico. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes avaliados não foram alterados pelos teores crescentes de inclusão da glicerina. Houve maiores retenções de nitrogênio para os tratamentos 0, 3 e 9%, tendo estes apresentado menores perdas urinárias de nitrogênio. O balanço energético e proteico foi positivo em todas as rações testadas. O balanço nitrogenado foi maior para os teores 0 e 9% de inclusão. Os consumos de água, relativo ao peso vivo, peso metabólico e ao consumo de matéria seca não foram afetados pela adição de glicerina, assim também o balanço hídrico. Inclusões de glicerina nas dietas não resultaram em alterações no consumo e digestibilidade de nutrientes e no consumo de água. A inclusão da glicerina pode ser feita em teores de até 12% na matéria seca em dietas para borregos.

Palavras-chave: dieta líquida, ovinos, subprodutos

ABSTRACT

Two experiments were made to determine the nutritive value of the milk and biodiesel by-product: whey and glycerin, respectively, for that digestibility and intake trials were made, as well as was determinate the nitrogen and energy balance. The levels of the by-products zero; 5; 10; 15 e 20% for the whey and zero; 3; 6; 9 e 12% for the glycerin, in a randomly assignment design, with five repetitions by treatment. The animals with no inclusion of whey and glycerin were the same ones for both evaluations. It was showed that the dry matter intake in grams for body weight by animal was higher for the animals from the 5 and 10% levels of inclusion of whey. The protein, mineral, total carbohydrates and total digestible nutrients showed the same behavior of the dry matter intake and were higher for the animals of the 5 and 10% treatment. The increasing levels of whey did not alter any of the digestibility coefficients. The energy intake for the animals from the 5 and 10% levels of inclusion was higher than the other treatments; as for the digestible, metabolizable energy and energy balance were lower in the inclusion of 20% of whey in diet. The addition of whey improved the nitrogen balance. The energy and nitrogen balances were positive in all inclusions. The water intake, water intake in function of metabolic weight and related to the dry matter intake were not affected by the inclusion of whey. The water intake and the hydric balance showed a quadratic decreasing response. The inclusion of whey for the lambs should be near to 10% of the diet. The dry matter intake in grams and in function of the body weight was not affected by the different inclusions of glycerin. The mineral intake in function of the metabolic weight was higher for the 6% of addition of glycerin and the mineral intake in grams by day was also affected by all the inclusions. The 6% of inclusion of glycerin led to higher protein intake. The inclusion of glycerin in the rations led to a quadratic response for ether extract intake and for the mineral matter intake in function f metabolic weight. The digestibility coefficients of the nutrients evaluated were not affected by the increasing levels of glycerin. There were higher nitrogen retentions for the 0, 3 and 9% treatments and the same ones showed lower urinary losses of nitrogen. The energy and protein balance were positive in all the rations tested. The nitrogen balance was higher for the 0 and 9% levels of inclusion. The water intake in absolute, related to body weight, metabolic weight and related to the dry matter intake were not affected by the addition of the glycerin, as well as the hydric balance. Inclusion of glycerin in diets did not alter in the digestibility and intake of nutrients and the water intake. The glycerin can be added in levels until 12% in the diet.

Keywords: by-products, liquid diet, sheep

Capítulo I – INTRODUÇÃO GERAL

O rebanho de ovinos do Brasil compreende mais de 17.662.201 animais (IBGE, 2011). O aumento da produtividade, porém depende, dentre outros fatores, da formulação de dietas com ingredientes que possam ser digeridos, absorvidos e convertidos em carne e leite. Rações balanceadas e de boa qualidade levam a alta ingestão de matéria seca e absorção de seus nutrientes disponíveis, o que seguramente irá influenciar o desempenho ponderal destes animais. Na busca por minimização dos custos das rações, tem sido utilizados subprodutos das grandes agroindústrias, como fontes alternativas de alimentos. A principal vantagem para o uso dos subprodutos e resíduos na alimentação de ruminantes é a redução do custo de produção animal.

O aproveitamento deste tipo de alimentação também é interessante, pois como a maioria dos resíduos agroindustriais tem produção estacional, geralmente coincide com o período de escassez de forragem. Além disso, a utilização de subprodutos como fonte de energia possibilita destinar maior quantidade de grãos mais nobres para a alimentação humana. Destaca-se ainda que a utilização de subprodutos na alimentação de ruminantes pode ser capaz de reduzir os impactos ambientais causados pelos dejetos. Porém antes de se incluir um novo alimento na alimentação animal é necessário conhecer sua composição nutricional, a sua disponibilidade para se atender adequadamente os requisitos nutricionais.

Para cada 100 litros de leite destinados à produção de queijos, entre 80 e 90 litros correspondem ao soro residual (Podlech et al., 1991). O seu reaproveitamento tem sido sugerido para melhorar a eficiência econômica dos laticínios, sendo pesquisado na alimentação humana, nas indústrias químicas e farmacêuticas e em dietas para ruminantes e suínos, podendo ser uma alternativa para reduzir o impacto ambiental (Brooks et al., 2003). O soro de queijo é um subproduto fluído da fabricação industrial ou caseira de diversos tipos de queijos, e contém cerca de 55% dos nutrientes presentes no leite original. Dos aminoácidos encontrados no soro, destacam-se o triptofano, a lisina e os aminoácidos sulfurados, principalmente a metionina e cistina (Vecchia, 1991). Em geral, o seu conteúdo de proteína de alto valor biológico é comparado ao da cevada, aveia e trigo (Thivend, 1977).

O aumento na produção do biodiesel envolve maior produção de seus coprodutos, como a glicerina. Os ruminantes têm a capacidade de utilizar o glicerol presente na glicerina como precursor gliconeogênico para a manutenção dos níveis plasmáticos de glicose. O glicerol é o precursor do gliceraldeído-3-fosfato, um intermediário na lipogênese no tecido adiposo e da gliconeogênese no fígado, fornecendo também energia pela via glicolítica e do ciclo do ácido cítrico (Brisson et al., 2001). Grandes esforços vêm sendo feitos nas indústrias de biodiesel e nas instituições de pesquisa com o intuito de padronizar a produção de glicerina bruta, procurando formas mais puras e com benefícios para os produtores num futuro próximo.

Diante de todas essas vantagens, aliadas ao valor nutritivo que a literatura discute e que demonstra potencialidade de uso na nutrição de ruminantes, é que se buscou, com este trabalho, determinar o valor nutritivo do soro de leite e da glicerina, visando não só a utilização corriqueira destes subprodutos em dietas como também uma opção de manejo pré-abate, considerando a adição dos mesmos na água oferecida aos animais.

Capítulo II – REVISÃO DE LITERATURA

1-Soro de leite na alimentação animal

O soro de leite foi descoberto por volta de 3000 anos atrás quando o estômago de bezerros era usado para armazenar e transportar leite. Pela ação da quimosina (renina), enzima presente naturalmente nos estômago destes animais, o leite coagulava durante a estocagem e transporte resultando em coalhada e soro, e assim iniciou-se a ideia do queijo e do soro. Segundo FAO (2006) o soro é o maior coproduto da indústria moderna de queijo e caseínas.

O soro de leite, também conhecido como soro de queijo pode ser definido como um líquido opaco, amarelo-esverdeado, remanescente do processo de fabricação de queijos, após a precipitação da caseína, representando cerca de 85-95% do volume do leite e restando cerca de 55 % dos nutrientes contidos naturalmente no leite. De acordo com González Siso (1996) dentre esses nutrientes mais abundantes estão lactose, proteínas solúveis, lipídios e minerais. O soro de leite apresenta ainda quantidades consideráveis de ácidos cítrico e láctico, ureia, ácido úrico e vitaminas do complexo B.

O leite apresenta um sistema de proteína constituído por duas grandes famílias de proteínas: caseínas (insolúveis) e proteínas do soro (solúveis). As proteínas do soro são globulares e incluem as β -lactoglobulinas, α -lactoalbumina, imunoglobulinas, albumina sérica, lactoferrina e lactoperoxidasas, juntos com outros componentes em menores proporções (Pintado et al. 2001). A concentração de proteínas do soro depende do tipo de soro - ácido ou doce, da fonte do leite - bovino, ovino ou caprino - da época do ano, do tipo de alimentação, do estágio de lactação e da qualidade do processamento. De acordo com a sua forma de obtenção o soro de leite pode ser classificado em dois tipos: ácido e doce. O soro ácido – pH é igual ou menor do que 5,1 – é obtido pela acidificação direta do leite, após a transformação da lactose em ácido láctico por ação de bactérias lácticas presentes no leite cru ou no fermento lácteo adicionado após a pasteurização. O soro doce – pH é igual ou maior do que 5,6 – é obtido após a coagulação do leite ocasionado pela hidrólise das caseínas por enzimas proteolíticas, como por exemplo a renina, que acontece em quase a totalidade dos processamentos dos queijos (Pintado et al. 2001). O soro ácido provém do processamento de queijos Frescal, Cottage, Boursin e Pelardon; já o soro doce é obtido a partir de queijos como Coalho, Andino, Cheddar, Mozzarella e Suíço (Bonato, et al. 2006; Pelegri e Carrasqueira, 2008).

O soro tem sido utilizado também no processo de ensilagem de capim, no sentido de melhorar o valor nutritivo do mesmo. Santos et al. (2006) avaliaram o efeito da adição de soro de queijo sobre a composição bromatológica, pH, N-amoniaco e recuperação de matéria seca da silagem de capim e concluíram que a silagem é uma alternativa para utilização de soro produzido pela indústria de laticínios. Além disso, a proteína presente no soro de leite tem excelente qualidade nutricional, sendo usualmente utilizada como suplemento alimentar na dieta humana, especialmente na de esportistas, por possuir elevada concentração de aminoácidos essenciais. Isto pode ser explicado, pois a proteína do soro tem rápida digestão e absorção intestinal, o que proporciona elevadas concentrações de aminoácidos no plasma, que por sua vez estimula a síntese proteica nos tecidos (Terada, 2009).

O soro de leite é um dos subprodutos mais poluentes da indústria de alimentos e o mais potente dos dejetos lácteos. Cem quilos de soro líquido contêm, aproximadamente, 3,5 kg de demanda biológica de oxigênio (DBO), uma força poluidora equivalente ao esgoto produzido por 45 pessoas (Webb e Whittier, 1970). Essa característica deve estimular ainda mais pesquisas visando conhecer melhor a composição e uso deste subproduto na alimentação animal, contribuindo assim na diminuição do impacto do seu descarte no meio ambiente.

A importância da racionalidade no uso dos alimentos, bem como o conhecimento da combinação ideal entre eles, tem orientado e exigido melhor conhecimento de seu valor nutricional, incluindo o processo de utilização dos nutrientes (Euclides Filho, 2004). A composição química-bromatológica dos subprodutos apresentam variações consideráveis, dependendo da origem, do processamento industrial e da incorporação de outros subprodutos (Tabela 1).

Tabela 1. Composição do soro em base na matéria seca de diferentes trabalhos publicados

%MS	%PB	%Lactose	%Cinzas	%Gordura	Referências
6,9	0,9	5	0,7	*	Schingoethe, 1976
6,4-6,9	0,84-0,9	4,9-5,1	0,5-0,7	0,3	Sporgeon, 1976
6,3	0,8-0,84	4,3-4,9	0,5-0,6	0,3-0,4	Delaney, 1981
6,54	1,1	4,4	0,8	0,2	Rapetti et al.(1995)
*	0,6-0,8	4,5-5,0	8,0-10,0	0,4-0,5	González Siso (1996)
6,0-7,5	0,72-0,78	4,2-4,38	*	*	FAO, 2006
6,24	0,73	4,32	0,5	*	Ben Salem e Farj (2007)
*	1,41	*	0,62	0,73	Martins et al. (2008)
6,17	0,8	4,31	0,71	0,25	David et al. (2010)
7,9	1,02	*	0,9	0,66	Araújo, 2011

Matéria Seca; PB = Proteína Bruta

A utilização do soro na sua forma líquida para a alimentação de suínos já ocorria antes da II Guerra Mundial em grande parte da Europa e Estados Unidos. No entanto, com a

especialização dos suínos houve um declínio na utilização deste subproduto. Com o apelo para a redução da poluição ambiental causada pelo descarte do soro no ambiente, muitos laticínios nos Estados Unidos passaram a vender ou mesmo fornecer gratuitamente o soro para a alimentação de bovinos. No entanto, pelo custo do transporte do soro, apenas produtores que possuíam propriedades próximas aos laticínios é que procuravam por esse alimento.

Vários estudos de consumo de soro líquido por bovinos podem ser obtidos na literatura (Schingoethe, 1975). Os ruminantes, mais especificamente vacas em lactação e novilhas, podem consumir até 30% de exigência de matéria seca em soro líquido, sem afetar a produção de leite. Destaca-se porém que o consumo de soro líquido reduz a ingestão de feno ou grãos, sendo que para novilhas pode proporcionar ganho de peso satisfatório (Anderson et al. 1974).

Para evitar problemas de rejeição do soro pelos animais a manutenção do soro fresco é importante devido à palatabilidade. O soro doce é mais palatável do que o ácido, apesar de que o uso de ambos é possível (Schingoethe, 1975).

O nitrogênio presente no soro quando chega ao rúmen é convertido em proteína microbiana, possuindo uma digestibilidade aparente na ordem de 70% (Anderson, 1975). Quando não é degradada no rúmen, sua digestibilidade no intestino é ainda maior, pois de acordo com Toullec et al. (1974) pode atingir 91% em bovinos pré-ruminantes. Seria mais satisfatório para os ruminantes que as proteínas do soro fossem do tipo sobrepassante na fermentação ruminal, para que então pudessem ser absorvidas no intestino. Técnicas de processamento atuais podem ser interessantes de serem aplicadas no soro, a fim de se obter um produto seco e que forneça proteína sobrepassante, no entanto, a viabilidade de utilização das mesmas deve ser considerada, pois o soro é um subproduto de umidade elevada.

David et al. (2010) avaliaram a adição de soro de queijo líquido à dieta sobre a digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido em 12 vacas Girolando com peso inicial variando de 291 a 425 kg, secas, que receberam feno de *coastcross* (*Cynodon dactylon*), suplementado com sal proteinado, e zero (controle), 15, 30 ou 45 litros de soro de leite/dia. A adição de soro na dieta afetou a digestibilidade da matéria seca e a digestibilidade da proteína bruta e não houve efeito sobre as digestibilidades da FDN e FDA. Pelo que, concluíram que o soro de queijo melhorou a eficiência de utilização de compostos nitrogenados no rúmen e que o mesmo pode ser utilizado para complementar suplementos proteicos com elevados teores de ureia.

Araújo (2011) trabalhando com vinte caprinos machos consumindo dietas com teores crescentes de soro de leite (0; 1,5; 3,0 e 4,0% em matéria seca da dieta total) avaliou os efeitos destas inclusões sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes. Registrou alterações no consumo de extrato etéreo e de energia digestível, sendo que a digestibilidade foi similar nos tratamentos; concluiu então que inclusões de soro em até

4,5% contribuem como fonte alimentar em dietas para caprinos sem comprometer o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes.

2- Emprego da glicerina para ruminantes

Historicamente, a glicerina era derivada de fontes de gordura animal como um subproduto da fabricação de sabonetes. Na sua forma pura, a glicerina é doce, incolor, inodora e viscosa. Formas com alto grau de pureza são amplamente empregadas na indústria farmacêutica e de alimentos como umectante e agente de texturização (McGraw-Hill, 2005). A glicerina bruta está entre os principais coprodutos da indústria de biodiesel, respondendo por aproximadamente 10% do peso do óleo que é usado na manufatura do biodiesel (Dasari et al., 2005). A glicerina bruta do biodiesel contém impurezas por estar diretamente incorporada em várias aplicações comerciais, requerendo assim um refinamento para atender certas especificações de mercado.

A indústria do biodiesel cresceu de forma exponencial desde quando a Agência Nacional do Petróleo – ANP determinou, desde janeiro 2010, por meio do conselho nacional de política energética (CNPE) a inclusão em 5% de biodiesel ao diesel de petróleo, anteriormente, essa inclusão era de 2%. Com o aumento da produção de biodiesel no Brasil de 736 m³ para mais de 2 milhões de m³ entre 2005 e 2011 (ANP, 2011) uma grande quantidade de glicerina foi produzida (Menten et al., 2009). É preciso considerar que o Brasil é um grande produtor de culturas oleaginosas, o que favorece a produção de biodiesel. Essa disponibilidade de glicerina gerou um interesse em utilizá-la na alimentação de animais como fonte de carboidratos.

O biodiesel é definido como um mono-alcil éster de ácidos graxos, obtido pela transesterificação de óleos vegetais com álcoois, metanol ou etanol, por meio da catálise básica com NaOH ou KOH; ou ainda pela esterificação desses materiais na presença de catalisadores ácidos, com consequente transformação dos triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos, tendo como coproduto a glicerina bruta (Thompson e He, 2006).

Muito se fala em glicerina e glicerol como se designassem a mesma coisa, no entanto, o glicerol é o composto puro; um tri-álcool com três carbonos, tendo como nome sistemático (IUPAC) 1,2,3-propanotriol um líquido incolor, com gosto adocicado, sem cheiro e muito viscoso, derivado de fontes naturais e petroquímica (Beatriz et al., 2011). Já a glicerina é o termo aplicado ao subproduto com impurezas.

Thompson e He (2006) realizaram testes analíticos na glicerina de média pureza, proveniente da produção do biodiesel de variedades de mostarda, nabo forrageiro, óleo de canola, soja e óleos vegetais usados. A análise de glicerina destas várias fontes é reproduzida na tabela 3.

Tabela 2. Análise da concentração de glicerol, nutrientes e energia da glicerina de biodiesel de média pureza proveniente de diferentes fontes de oleaginosas

Fontes de oleaginosas	Mostarda	Nabo forrageiro	Canola	Soja	Óleo vegetal usado
Glicerol (%)	82,8	75,5	75,2	76,2	26,9
Extrato Etéreo (%)	2,03	9,74	13,1	7,98	60,1
Proteína (%)	0,14	0,07	0,06	0,05	0,23
Cinzas (%)	2,80	0,70	0,65	2,73	5,50
Energia (kcal/kg)	3489	3896	4183	3776	6501

Apesar de o glicerol ser incolor, formas com impurezas como a glicerina bruta variam em sua coloração de âmbar a marrom escuro. Essa variação está associada com o grau de impurezas presentes na glicerina. Dentre as quais incluem-se a água, lipídeos, cinzas e metanol. A cinza é basicamente resíduo do sódio utilizado na catálise, durante a fabricação do biodiesel, que termina na glicerina juntamente com o metanol, após o processo de lavagem na manufatura do biodiesel (Thompson e He, 2006). Como a grande maioria dos subprodutos a composição da glicerina varia, por exemplo, de acordo com a fonte de óleo vegetal utilizada na indústria de biodiesel.

O glicerol é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação e nas células (Menten et al., 2009). Ele pode ser absorvido diretamente pelo epitélio ruminal, metabolizado no fígado e direcionado para a gliconeogênese pela ação da enzima glicerol quinase, que o converte em glicose. A porção não absorvida é fermentada a propionato, e metabolizada a oxaloacetato, por meio do ciclo de Krebs no fígado, podendo também ser utilizado para formar glicose pela via gliconeogênica (Krehbiel, 2008). Devido essa característica metabólica, o glicerol apresenta potencial de uso como substrato gliconeogênico na alimentação de ruminantes, podendo contribuir com a prevenção de cetose em vacas leiteiras (Chung et al., 2007; Donkin, 2008; Osborne et al., 2009).

A produção de gases *in vitro* de diferentes fontes energéticas (glicerol, propileno glicol e melaço) com uso de líquido ruminal de ovinos, foi pesquisada por Ferraro et al. (2009), onde o glicerol apresentou maior volume de gás produzido e *lag time* em comparação às demais fontes testadas, apresentando lenta fermentação a propionato pelos microrganismos ou escapando da fermentação ao ser absorvido intacto.

O fornecimento de glicerina a vacas no período pós-parto foi avaliada por Chung et al. (2007), onde observaram que a inclusão de glicerina proporcionou maiores teores de glicose e menores de β -hidroxibutirato circulantes no plasma sanguíneo daquelas que receberam glicerina comparado às que não receberam. Wang et al. (2009) obtiveram resultados similares adicionando glicerol à dieta de vacas com 4 a 63 dias em lactação, sendo verificado maiores concentrações de glicose no plasma, com balanço energético positivo, observaram também menor perda de peso nos animais alimentados com glicerol.

Osborne et al. (2009) avaliaram o consumo de alimentos e água com a inclusão de glicerol e óleo de soja na água de bebida de vacas leiteiras. O consumo de matéria seca foi menor para os animais tratados em relação ao controle. A suplementação com glicerol proporcionou maior consumo de água comparado ao óleo. O consumo de

glicerol estimulou o consumo de água (Schröder e Südekum, 1999). Ainda esses mesmos autores ao fornecerem glicerina bruta para novilhos leiteiros, concluíram que é um alimento excelente, até mesmo quando incluída uma forma impura. Relataram que com 10% de glicerina bruta não houve influência no consumo de matéria seca, na digestibilidade dos nutrientes e na síntese microbiana. Parsons et al. (2009) adicionando glicerina na dieta de bovinos em terminação obtiveram aumentos no ganho de peso vivo e a eficiência alimentar, principalmente, quando era adicionada em concentrações de até 8% na matéria seca.

Trabue et al. (2007) registraram que aumentos no acúmulo de lactato podem diminuir a fermentação do glicerol no rúmen, alterando o consumo. Também em relação ao ambiente ruminal Roger et al. (1992) observaram que a adição de 5% de glicerina *in vitro* inibiu o crescimento e atividade de micro-organismos celulolíticos ruminais. O mesmo foi observado por Paggi et al. (2004) que relataram redução na atividade celulolítica do extrato ruminal avaliado por eles com o aumento da concentração de glicerol em cultura de rúmen. Wang et al. (2009) destacaram que houve aumento linear na proporção molar do propionato e butirato e redução linear na relação acetato:propionato com o aumento das doses de glicerol (100, 200 e 300g/cab/dia) na dieta de touros. Ao contrário, Mach et al. (2009) observaram que a proporção molar de acetato, propionato e butirato no rúmen não foram afetadas pela alimentação com o glicerol em teores acima de 120g/kg de concentrado na MS.

O glicerol é um carboidrato cuja concentração de energia líquida oscila entre 1,98 e 2,29 Mcal/kg que é aproximadamente igual a energia contida no amido do milho (Schröder e Südekum, 1999). O uso de glicerol em dietas para animais de produção, ruminantes em particular, não é novidade; no entanto, o interesse tem sido renovado devido ao aumento da disponibilidade do glicerol.

3- Consumo de água por animais domésticos

A água constitui aproximadamente 98% de todas as moléculas do organismo animal (NRC, 2007) e cerca de 70% da carcaça desengordurada dos animais adultos, com pouca variação entre os mamíferos (Nunes, 1998). A água está distribuída em todo o corpo do animal, incluindo o fluido extracelular indo de 31% a 38% em relação ao total de água no corpo e intracelular sendo na faixa de 62% a 69% da água total do corpo (NRC, 2007). A regulação da temperatura corporal, assim como as funções relacionadas com a digestão e metabolismo do animal, a exemplo da síntese e hidrólise de moléculas, excreção, regulação da homeostase mineral, lubrificação das articulações e outras, têm contribuição significativa da água. Ela é também excelente solvente para a glicose, aminoácidos, íons minerais e vitaminas solúveis, além de ter atuação no transporte de resíduos metabólicos (NRC, 2001), sendo um importante componente estrutural do corpo (Nunes, 1998). Na regulação da temperatura corporal, por conta de seu elevado calor específico, a água é capaz de absorver o calor produzido nas reações com um mínimo de elevação da temperatura, dissipando-o para a pele, pulmões e luz intestinal.

A alta tensão superficial da água auxilia na coesão das células e na manutenção das articulações, sendo também o principal constituinte de líquidos orgânicos particulares, como: sinóvia, humor aquoso, cefalorraquidiano e amniótico, exercendo ação lubrificante e protetora contra choques mecânicos (Nunes, 1998). Diante da importância da água nas funções metabólicas e estruturais para o animal, a mesma deve estar disponível diariamente, na quantidade exigida e com qualidade adequada, especialmente se esses animais forem alimentados com dietas secas e em ambientes de elevada temperatura do ar.

O consumo voluntário de água segundo o NRC (2007) envolve a ingestão de água livre, mais a água pré-formada nos alimentos, a água metabólica produzida pela oxidação dos nutrientes metabolizáveis dos alimentos e a água liberada dos pools dos tecidos mais a água liberada da quebra de proteína muscular.

O conteúdo de água nos alimentos é altamente variável e pode girar em torno de 5% em grãos e sementes secas até 90% em pastagens novas e espécies de plantas suculentas. O catabolismo da gordura, carboidratos e proteínas produz 1,190; 560 e 450 g de água/kg, respectivamente, e essa água metabólica é fonte importante de água para os animais. Nos ruminantes a perda de água através das fezes é similar à água perdida pela urina. As fezes dos bovinos contêm 75 a 85% de umidade, comparado às fezes de ovinos e caprinos que possuem 60 a 65% de água. Quando os animais tem redução na ingestão de água eles são capazes de reduzir as perdas de água pela urina, concentrando a mesma, ou ainda, aumentam a captação de água pelo trato posterior, produzindo fezes mais secas. A habilidade destas espécies em reabsorver água no trato posterior e excretar fezes mais secas em formas de sibilas, conta como parte das diferenças encontradas na ingestão de água entre estas espécies de ruminantes.

Pesquisadores indicaram que o consumo de água é proporcional ao consumo de matéria seca (Langhans et al. 2005; NRC, 2007). Parte da água consumida passa diretamente para o omaso através da goteira esofageana. Woodford et al. (1984) estudaram a passagem de água ingerida por vacas após a alimentação. Para tal, eles forneceram a ração aos animais e privaram a ingestão de água pelos mesmos por 4,5 e 9 h. Observaram que ao ser fornecido água para as vacas que tiveram privação por 4,5 h 18% do ingerido passou diretamente para o omaso. Esse comportamento indicou que o esvaziamento gástrico ainda era menor nesses animais, fazendo com que a água sobrepassasse o rúmen, relacionando também o consumo de matéria seca com o consumo de água.

Em um modelo desenvolvido por Seo et al. (2007) a fim de representar os aspectos fisiológicos da dinâmica dos líquidos no rúmen e para predizer quantitativamente o fluxo de líquido para fora do retículo-rúmen, eles propõem 2 influxos (consumo de água e secreção salivar), um efluxo (fluxo de líquido através do óstio retículo-omasal) e um influxo-efluxo de líquido (fluxo de líquido através da parede do rúmen). Para este modelo foi observado que a ingestão de matéria seca, seguida do peso vivo e o tempo

despendido na alimentação foram as variáveis mais importantes para predizer a dinâmica do fluxo de líquidos do rúmen em bovinos de leite.

O consumo voluntário de matéria seca aumenta quando a dieta se torna menos digestível e diminui quando a energia digestível da ração aumenta. Quanto maior a umidade do alimento fornecido, menor a necessidade de ingestão de água. A ingestão total de água é definida segundo equação (NRC, 2007):

$$TWI = (3,86 \times \text{quantidade de matéria seca ingerida em kg}) - 0,99$$

sendo, TWI: ingestão total de água (L/dia). A ingestão de água pelo leite satisfaz o requisito de água para os borregos nas primeiras 2 a 3 semanas de vida. Os requisitos totais de água destes animais estão associados à sua taxa de crescimento estimadas em 77-129 g PV ganho/L. Para borregos desmamados os requisitos diários de manutenção de água são de 195 mL/kg PV^{0,75} mais os requisitos de água para crescimento de 8 mL/g ganho médio diário de peso vivo.

4- Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e B combustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 13 jan. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. **Biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=60983#Se__o_4>, 2013. Acessado em: 17 jan. 2013.

ANDERSON, M. J. Metabolism of liquid whey fed to sheep. *J. Dairy Sci.*, v. 58, p. 1856-1859, 1975.

ANDERSON, M.; LAMB, R.; MICKELSEN, C. et al. Feeding liquid whey to dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 57, p. 1206-1210, 1974.

ARAÚJO, A. R. *Uso do soro de leite bovino na alimentação de caprinos*. 2012. 39f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral.

BEATRIZ, A.; ARAÚJO, Y. J. K.; LIMA, D. P. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas. *Quím. Nova*, v. 34, n. 2, p. 306-319, 2011.

BEN SALEM, M.; FRAJ, M. The effects of feeding liquid acid whey in the diet of lactating dairy cows on milk production and composition. *J. Cell Anim. Bio.*, v.1 , pp. 007-010, 2007.

BRISSON, D.; VOHL, M.C.; ST-PIERRE, J. et al. Glycerol: a neglected variable in metabolic process. *BioEssays*, v.23, p.534-542, 2001.

BROOKS, P. H.; BEAL, J. D.; NIVEN, S. Liquid feeding of pigs. I. Potential for reducing environmental impact and for improving productivity. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, v. 21, supplement 1, p. 7-22, 2003.

CAFE, L. M., POPPI, D. P. The fate and behavior of imbibed water in the rumen of cattle. *J. Agri. Sci.*, v.122, p.139–144, 1994.

CHUNG, Y. H. et al. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactation performance and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.*, v. 90, p. 5682-5891, 2007.

DASARI, M.A., KIATSIMKUL, P.P., SUTTERLIN, W., et al. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol, *Appl. Catal.*, v. 281, p.225–231, 2005.

DAVID, FM.; COLLAO-SAENZ, E. A.; PÉREZ, J. R. O. et al. Efeito da adição de soro de leite sobre a digestibilidade aparente e os parâmetros sanguíneos de vacas secas. *Arq. Bras. Med.Vet. Zootec.*, v.62, n.5, p.1183-1190, 2010.

DELANEY. R. A. M. Recent developments in the utilization of whey. *Cult. Dairy Prod. J.*, v.30, p. 11-22, 1981.

DONKIN, S.S. Glycerol from Biodiesel Production: the new corn for dairy cattle. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.280-286, 2008.

EUCLIDES FILHO, K. Índices produtivos para fazendas de gado de corte. In: Simpósio sobre ovinocultura de corte: pecuária de corte intensiva nos trópicos, 2004, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 1-41.

FAO – Food and Agriculture Organization. World Animal Review. <http://www.fao.org/docrep/004/X6512E/X6512E09.htm>. Acessado em: 24 dez 2012.

FERRARO, S. M. et al. In vitro gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 154, p. 112-118, 2009.

GONZÁLEZ SISO, M. I. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Bioresour. Technol.*, v. 57, p. 1-11, 1996.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatísticas sobre pecuária, rebanho e produção. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 jan. 2013.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Nomenclature of organic chemistry**: recommendations. Washington, 1993. Disponível em: <<http://www.iupac.org/Publications>>. Acesso: 06 jan. 2013.

KREHBIEL, C. R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin, *J. Anim. Sci.*, v86, p.392 (E Suppl 2), 2008.

LANGHANS, W., ROSSI, R. AND SCHARRER, E. Relationship between feed and water intake in ruminants. In: 8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 1995, Zurich, *Proceedings...*, Zurich, 1995, p. 199-216.

MACH, N.; BACH, A.; DEVANT, D. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.*, v.87, p.632–638, 2009.

MARTINS, T. D. D.; FILHO, E. C. P.; COSTA, R. G. et al. Soro de queijo líquido na alimentação de suínos em crescimento. *Rev. Ciênc. Agron.*, v. 39, n. 02, p. 301-307, 2008.

MCGRAW-HILL [2005]. **Glycerol**. McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology . The McGraw-Hill Companies, Inc. Retrieved 15th March 2007. Disponível em :<<http://www.answers.com/topic/glycerol> > Acessado em: 20 jan 2013.

MENTEN, J. F. M.; MIYADA, V. S.; BERENCHTEIN, B. *Glicerol na Alimentação Animal*. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/glicerol_2009-03-13.pdf>, 2009. Acessado em: 10 jan 2012.

OSBORNE, V. R. et al. Effects of supplementing glycerol and soybean oil on drinking water on feed and water intake, energy balance of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 92, p. 698-707, 2009.

PAGGI, R.A., FAY, J.P., FAVERIN, C. In vitro ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. *J. Agri. Sci.*, v.142, p. 89–96, 2004.

PARSONS, G.L.; SHELOR, M.K.; DROUILLARD, J.S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *J. Anim. Sci.*, v.87, p.653- 657, 2009.

PINTADO, M. E., MACEDO, A. C., & MALCATA, F. X. Review: Technology, chemistry and microbiology of whey cheese. *Food Sci. Technol. Int.*, v.7, p.105–116, 2001.

PODLECH, P. A. S.; LUNA, M. F.; JERKE, P. R. Fermentação semicontínua de soro de leite por *Lactobacillus bulgaricus* em instalação piloto. *Rev. Inst. Latic. "Cândido Tostes"*, v. 46, n. 01, p. 26-33, 1991.

RAPETTI, L.; FALASCHI, U.; LODI, R. et al. The effect of liquid whey fed to dairy goats on milk yield and quality. *Small Rum. Res.*, v. 16, p. 215-220, 1995.

ROGER, V.; FONTY, G.; ANDRE, C. et al. Effects of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Curr. Microbiol.*, v.25, p.197-201, 1992.

SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M.; FERREIRA, D. J. et al. Efeito da adição do soro de queijo sobre a composição bromatológica, fermentação, perdas e recuperação de matéria seca em silagem de capim-elefante. *Ciênc. Anim. Bras.*, v. 7, n. 3, p. 235-239, 2006.

SCHINGOETHE, D. J. Whey utilization in animal feeding: A summary and evaluation. *J. Dairy Sci.*, v. 59, p. 556-570, 1975.

SCHINGOETHE, D. J.; LUDENS, R.; TUCKER, W. L. et al. Evaluation of dried whey in concentrate mixtures for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* v.59, n.8, p.1466-1470, 1976.

SCHRODER, A.; SUDEKUM, K.H. **Glycerol as a by-product of biodiesel production in Diets for ruminants**. Kiel: University of Kiel, 2007. Disponível em: <<http://regional.org.au/au/gcirc/1/241.htm>> Acesso em: 15 jan. 2013.

SEO, S.; LANZAS, C. TEDESCHI, L. O. et al. Development of a mechanistic model to represent the dynamics of liquid flow out of the rumen and to predict the rate of passage of liquid in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.840–855, 2007.

SMITHERS, W. G. Whey to whey proteins – From `gutter to gold`. *Int. Dairy J.*, v. 18, p. 695-704, 2008.

SPURGEON, K. R. Use of whey in confectionery, dairy and other foods. *Cult. Dairy Prod. J.*, p. 8-13, 1976.

THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. *Applied Eng. Agri.*, v.22,p.261–265, 2006.

TRABUE, S.; SCOGGIN, K.; TJANDRAKUSUMA, S. et al. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. *J. Agri. Food Chem.*, v.55, p.7043-7051, 2007.

WANG, C.; LIU, Q.; HUO, W.J; et al. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Livest. Sci.*, v. 121, p.15–20, 2009.

WANG, C.; LIU, Q.; YANG, W.Z. et al. Effects of glycerol on lactation performance, energy balance and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.151, p.12-20, 2009.

WEBB, B. H.; WHITTIER, E. O. The utilization of whey: A review. *J. Dairy Sci.*, p.139-164, 1948.

WOODFORD, S. T., MURPHY, M. R.; DAVIS, C. L.; et al. Ruminant bypass of drinking-water in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 67, p. 2471–2474, 1984.

Capítulo III - Valor nutritivo do soro de leite em dietas para ovinos

Ensaio -1 Consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes e balanços de nitrogênio, energia e hídrico de dietas de borregos com diferentes teores de soro de leite

Resumo

Objetivou-se avaliar os coeficientes de digestibilidade e consumo em dietas experimentais fornecidas a borregos contendo diferentes inclusões de soro de leite. Avaliaram-se também o balanço energético, nitrogenado e hídrico destas dietas. Em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco ovinos por tratamento, foram usados borregos machos inteiros recebendo cinco rações com distintos teores de inclusão do subproduto (zero; 5%; 10%; 15% e 20%). O consumo de proteína bruta, matéria mineral, carboidratos totais e nutrientes digestíveis totais apresentaram respostas similares ao consumo de matéria seca (CMS) no que se refere aos melhores teores que foram de 5 e 10% de soro na matéria seca da dieta. A digestibilidade aparente dos diversos nutrientes e da MS não sofreram efeitos da inclusão do soro. Maiores consumos de energia bruta foram para os animais dos tratamentos 5 e 10%; quanto ao consumo de energia digestível, metabolizável e balanço energético, a inclusão de 20% de soro de leite apresentou os menores valores. O consumo de nitrogênio foi menor para os animais recebendo 20% em relação a zero, 5 e 10%, equivalente a 15% de adição de soro de leite. Os balanços energético e nitrogenado apresentaram-se positivos em todas as inclusões. Não se observou diferença no consumo de água, relativo ao consumo de matéria seca, ao peso vivo e ao peso metabólico. O consumo de água e o balanço hídrico apresentaram resposta quadrática decrescente. A inclusão de soro em dietas para borregos deve situar em 10% de inclusão.

1-Introdução

Tanto o soro ácido como o soro doce podem ser utilizados na alimentação de ovinos, sem efeitos prejudiciais à saúde animal ou na produtividade, desde que empregados na quantidade e fornecidos de modo adequado. A fração mais abundante do soro de leite é

a água; o segundo componente em maior quantidade é a lactose e o terceiro é a fração proteica. Como a maioria dos alimentos, o soro deve ser introduzido na dieta aos poucos, para que haja ajuste da microbiota do rúmen à nova fonte de energia. A não adaptação ao soro pode causar alguns distúrbios digestivos como diarreias e ruminites ulcerativas. As informações disponíveis na literatura sobre os efeitos do soro de leite no ambiente ruminal e na digestibilidade são muito limitadas e restritas a quantidades inferiores a 20% da MS total consumida. Para haver vantagens econômicas com o uso deste subproduto, é necessário fornecer aos animais grandes quantidades ou deixar o consumo *ad libitum*.

Com o presente trabalho avaliaram-se os coeficientes de digestibilidade e o consumo de dietas experimentais fornecidas para borregos em crescimento contendo diferentes inclusões do soro de leite, avaliaram-se também os balanços energético, nitrogenado e hídrico destas dietas. Objetivando-se determinar a melhor inclusão nas dietas, visando não só sua utilização corriqueira em dietas, mas também com opção para manejo de animais pré abate.

2-Material e Métodos

2.1- Local

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório de Calorimetria e Metabolismo Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, entre os meses de maio e junho de 2012.

2.2- Animais

Foram utilizados 25 borregos machos e inteiros, mestiços, com peso vivo médio de 29,7 kg, provenientes de fazenda localizada no município de Carandaí - MG. Os animais foram examinados, desverminados e vacinados contra clostridioses, sendo posteriormente alojados em gaiolas de metabolismo com bebedouro, comedouro e saleiro e dotadas de aparato separador de fezes e urina. A distribuição dos animais foi realizada de forma que as repetições fossem as mais homogêneas possíveis nos tratamentos. O período de adaptação dos animais às dietas e gaiolas foi de 20 dias, sendo o período de coleta de cinco dias. O objetivo do trabalho não foi avaliar o desempenho, no entanto, os borregos foram pesados no início e final dos períodos de coleta, com médias de 30 e 36 kg, respectivamente.

2.3- Tratamentos

Os tratamentos consistiram de teores de inclusão de soro de leite na matéria seca da dieta 0; 5; 10; 15 e 20%. Foram empregados cinco animais por tratamento, com os animais devidamente sorteados para cada.

2.4- Manejo nutricional

As dietas foram balanceadas segundo o NRC (2007), buscando uma proporção de volumoso e concentrado de 40:60, a fim de suprir as exigências de proteína e energia metabolizável para um ganho de 200 g/dia. As dietas continham os teores de inclusão do soro de leite na matéria seca e foram formuladas com base em dados de tabelas, a fim de serem o mais isonitrogenadas, isoenergéticas possíveis. Eram compostas de milho fubá, soja extrusada, Megalac®, ureia+sulfato de amônio, fosfato bicálcico, feno Tifton 85, picado em picadeira com tamanho das partículas em torno de 5 cm, e soro de leite. O sal mineral específico para a espécie (Ovinofós, Tortuga®), foi fornecido à vontade, para garantir o atendimento dos macro e microminerais. As rações foram produzidas na Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa no município de Igarapé.

Tabela 3. Composição bromatológica e proporção dos ingredientes das rações formuladas com inclusões do soro de leite utilizadas para borregos

Composição Bromatológica e Teor de Energia Bruta					
	0%	5%	10%	15%	20%
MS (%)	88,4	87	90,3	87,2	88,3
PB (%)	23,8	19,8	23,8	24,1	24,2
FDN (%)	13,8	14,7	14,8	14,7	14,8
FDA (%)	3,49	3,20	4,20	4,30	5,10
EE (%)	5,96	5,91	7,86	9,02	4,24
MM (%)	4,97	5,08	6,16	5,81	6,78
CHT	65	69	62	61	65
CNF	52	55	47	46	50
Energia bruta Cal/g	4186,4	4094,8	4225,9	4287,2	3882,4
Proporção dos Ingredientes (% MS)					
Feno Tifton 85	41,5	40	39,1	38,5	44,4
Milho fubá	25,4	22	19,2	15	4,75
Soja extrusada	27,5	27	26,4	26	25,4
Megalac	2,18	2,2	2,2	2,5	2,5
Fosfato	0,42	0,3	0,17	0,04	*
Ureia+sulfato amônio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Soro de leite	0	5	10	15	20

Proteína bruta (PB), Fibra detergente neutro (FDN), energia metabolizável (EM).

As rações foram pesadas diariamente em quantidades suficientes para atender a ingestão dos animais garantindo uma sobra de 20% do volumoso, e fornecidas em duas refeições diárias (às 7 horas e às 16 horas).

O soro de leite utilizado era proveniente da Cooperativa Regional de Produtores Rurais de Sete Lagoas, localizada em Sete Lagoas – MG. Toda semana uma quantidade de soro de 300 litros era trazida da cooperativa, sendo a sobra da semana anterior descartada. As partidas de soro variaram, pois a disponibilidade do mesmo dependia do tipo de queijo produzido na cooperativa. Durante a semana da coleta de dados de consumo e digestibilidade o soro fornecido foi uma mistura de soro de queijo minas e de ricota. O soro de leite foi armazenado em bombonas de 50 litros e condicionadas em câmara fria a -4°C. O soro foi veiculado à água, sendo que para o cálculo da quantidade de água a ser fornecida aos animais foi utilizado a estimativa de consumo de água do NRC (2007): (consumo de água= (3,86 x quantidade de MS ingerida em kg pelos animais do experimento) – 0,99). A esta quantidade de água calculada era adicionada a quantidade de soro de leite respectivo à sua inclusão na matéria seca da dieta. A pesagem do soro oferecido era feita no dia anterior ao seu fornecimento em provetas de vidro graduadas com capacidade de 2 litros, onde se media também o volume do mesmo, registrando-se assim peso e volume do oferecido de soro. O soro pesado era colocado em vasilhames plásticos com capacidade para 2 L também armazenados em câmara fria a -4°C. A água oferecida junto com o soro foi medida em provetas de vidro de 2 litros. A mistura da água ao soro era feita no momento do fornecimento aos animais na refeição da manhã, ficando disponível ao animal durante todo o dia até a nova refeição da manhã do dia seguinte. Não foi realizado nenhum tipo de aquecimento do soro no momento do fornecimento. Aos borregos que não recebiam soro na dieta (controle) foi fornecida uma quantidade de água de 5 litros que era medida em provetas graduadas de vidro de 2 litros. Quando algum animal ingeria toda a mistura ou a água antes da refeição da manhã do dia seguinte, era adicionada uma quantidade de 5 litros de água a esses animais, sendo esse volume registrado.

Tabela 4. Análise do soro de leite utilizado no presente estudo

Composição Bromatológica e Teor de Energia Bruta	
MS (%)	4,8
PB (%)	0,22
EE (%)	0,07
MM (%)	0,76
CHT (%)	53
CNF (%)	53
Energia bruta (cal/g)	1940
Físico-química	
Lactose	2,32
Acidez titulável (°D)	32
pH	4,5

MS = Matéria Seca; PB = Proteína Bruta; MM = Matéria Mineral; EE = Extrato Etéreo; CHT = Carboidratos totais; CNF= carboidratos não Fibrosos; °D=graus Dornic

2.5- Consumo e digestibilidade aparente das rações experimentais

Foi realizado um ensaio de digestibilidade aparente, com teores crescentes de soro de leite como proposto com o objetivo de se determinarem os consumos e coeficientes de digestibilidade e avaliar as dietas experimentais. Para o ensaio foram utilizadas gaiolas metabólicas individuais já supracitadas, fechadas com telas de náilon para reduzir a perda de fezes. Foram colocados sacos plásticos ao redor dos pés das gaiolas a fim de se isolar o máximo possível as fezes produzidas animal individualmente. As gaiolas continham dispositivos para coleta de fezes e urina separadamente e tais dispositivos eram constituídos por baldes de 8 litros colocados dentro de uma caixa de plástico de 40 litros, sobre os baldes existia uma tela com malha de 5 mm, de maneira a permitir um declive para a queda das fezes sem risco de contaminação da urina colhida no balde. O conjunto balde mais caixa ficava sob um funil fixado em cada gaiola que contribuía para o direcionamento das fezes e urina para dentro do conjunto balde e caixa.

O ensaio de digestibilidade teve duração de cinco dias, durante os quais amostras das rações oferecidas e das sobras foram pesadas e retiradas 10% do seu peso, acondicionadas em sacos plásticos, armazenadas em câmara fria para futuras análises.

As sobras da mistura soro mais água foram mensuradas em provetas de vidro de 2 litros, registrando-se peso e volume das mesmas. Uma alíquota de 20% de cada sobra foi retirada e armazenada em potes plásticos, identificadas e condicionadas em temperatura de -20°C. Diariamente, era feita a coleta de uma amostra do oferecido do soro de leite para verificar a acidez titulável e pH.

A coleta total de fezes também foi diária. Para tal era feita a limpeza das gaiolas com vassouras, retirando o máximo de fezes possível do ambiente onde se localizavam as gaiolas. A produção total teve o peso registrado e fez-se a reserva de uma alíquota de 20 % deste peso que foi embalada em sacos plásticos individuais, identificada e armazenada a -20°C.

Para a coleta de urina foi adicionado aos baldes, diariamente, 100 mL de ácido clorídrico (HCl 2N), evitando-se assim perdas de nitrogênio por volatilização. O volume total de urina foi medido em proveta graduada de vidro de 1 litro e foi pesado retirando-se para cada borrego uma alíquota de 20 % do volume total colhido a cada dia, acondicionada em vasilhames de plástico com capacidade para 2 L devidamente identificados e imediatamente armazenadas a -20°C.

No final do ensaio foram feitas amostras compostas das sobras de alimento, de mistura soro e água, fezes e urina coletadas por animal, sendo estas identificadas, devidamente acondicionadas em sacos ou potes plásticos, e armazenadas em câmara fria a -20°C.

As amostras de ração, sobras e fezes foram descongeladas à temperatura ambiente acondicionadas em bandejas de alumínio e levadas à estufa de ventilação forçada (55 a 60 °C) por 72 horas, para a determinação da matéria pré-seca. Posteriormente as

amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de 1 mm e estocadas para futuras análises.

2.6- Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG e no Laboratório de Análises Físico-químicas do Departamento de Inspeção e Tecnologia de Produtos de Origem Animal da mesma instituição. Para as determinações de matéria seca, cinzas, extrato etéreo, proteína bruta, do material analisado seguiu-se a metodologia proposta por AOAC, (1995). Já para a quantificação da FDN, FDA, utilizou-se a metodologia proposta por Van Soest et al. (1991). Para a determinação do extrato etéreo do soro foi utilizado o método Roesse-Gottlieb, descrito para soro de queijo (Official ..., 1995). A avaliação da acidez titulável, em graus Dornic e pH do soro seguiram metodologia divulgada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Métodos ..., 2003), para leite ou produtos lácteos visto não haver técnicas específicas para soro. Para estimativa dos carboidratos totais (CHT) usou-se a equação proposta por Sniffen et al. (1992), segundo a qual $CHT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e, para estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF), foi usada a equação preconizada por Hall et al. (1999), qual seja, $CNF = \%CHT - \%FDNC_{cp}$, sendo FDN_{cp} a porção de FDN corrigida para cinza e proteína. Para o cálculo dos nutrientes digestíveis totais no ensaio de digestibilidade (NDT), utilizou-se equação proposta por Weiss (1999): $NDT = [PBD + CNFD + FDN_{cpD} + (EED * 2,25)]$, onde PBD; CNFD; FDN_{cpD} e EED significam, respectivamente, consumos de PB, CNF, FDN e EE digestíveis, com a FDN corrigida para cinza e proteína.

O cálculo do consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, e energia bruta foi feito a partir da seguinte fórmula: (oferecido total do nutriente em MS – sobra total do nutriente em MS). A determinação dos coeficientes de digestibilidade de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, e energia bruta foi feita a partir da seguinte fórmula: $[(\text{Consumo do nutriente em gramas} - \text{quantidade em gramas do nutriente nas fezes}) / \text{Consumo do nutriente em gramas}] / 100$, para energia a unidade era kcal (Silva e Leão, 1979).

A energia bruta (EB) da ração e do soro oferecidos, das fezes e urina foram obtidas em calorímetro adiabático tipo modelo PARR 1281. Para análise do conteúdo energético da urina, colocou-se 10 mL de urina em copos plásticos que foram levados à estufa de ventilação forçada (55 a 60 °C) por 72 horas, para a pré-secagem e em seguida levados a bomba calorimétrica para permitir a sua combustão. Anteriormente fez-se a queima de três copos plásticos vazios para padronização da produção de calor dos copos individualmente, servindo de branco.

Utilizando-se a técnica direta de determinação de energia com bomba calorimétrica, calculou-se o valor da energia digestível e energia metabolizável. A energia digestível

foi calculada pela diferença da energia bruta da ração oferecida menos a energia bruta das sobras e das fezes. Para o cálculo da energia metabolizável utilizou-se a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965), onde a produção de metano foi estimada pela equação: $C_m = 3,03 + 0,074D$, onde C_m = produção de metano em Kcal/100 Kcal de energia consumida e D = digestibilidade aparente da energia bruta do alimento. A energia metabolizável foi então estimada pela diferença entre energia digestível menos energia da urina, menos produção estimada de metano.

Foi também calculado o balanço de nitrogênio, segundo a fórmula: $[N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} + N \text{ urinário})]$.

O nitrogênio ingerido foi calculado segundo a fórmula: $(N \text{ fornecido} - N \text{ das sobras})$.

O nitrogênio retido foi calculado segundo a fórmula: $(\text{balanço nitrogenado}/\text{consumo de nitrogênio} \times 100)$.

O balanço hídrico foi determinado pela seguinte fórmula: $(\text{água fornecida} - \text{água perdida nas fezes e urina})$.

2.7- Análise estatística

Nas provas em que se avaliaram consumo e digestibilidade aparente, bem como nos balanços de nitrogênio e energia empregou-se delineamento inteiramente casualizado. Empregaram-se cinco animais por tratamento de forma que o ensaio contou com vinte e cinco animais que foram distribuídos de forma aleatória nos tratamentos. O modelo matemático ficou assim constituído:

$$Y_{ij} = \mu + H_j + e_{ij}$$

onde,

Y_{ij} = valor referente à observação da repetição i do tratamento j

μ = média geral

H_j = efeito do tratamento j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$)

e_{ij} = erro aleatório associado à observação

As médias foram comparadas utilizando-se o Teste SNK, em nível de 5% de probabilidade. A análise de regressão foi realizada utilizando-se o *software* SAEG (SAEG, 2007) para permitir a estimativa dos consumos e coeficientes de digestibilidade das diferentes inclusões, compreendidos no intervalo estudado. Foram testados diferentes modelos matemáticos, a partir do procedimento Modelos Pré-definidos usando o procedimento de MARQUAT do SAEG 9.1, para escolha daquele que apresentasse maior significância e maiores coeficientes de regressão. Para a escolha do

modelo matemático também foi observado se o mesmo ajustava-se à resposta biológica. Também foi realizada análise de correlação entre as variáveis pelo método de Pearson.

3-Resultados e Discussão

A mensuração do consumo de alimentos é fundamental para a nutrição, por determinar o nível de nutrientes ingeridos e, conseqüentemente, a resposta animal (Van Soest, 1994). Foram observados maiores consumos de matéria seca expressos em g/animal/dia ($P<0,05$) para os animais recebendo 5 e 10% de soro de leite (tabela 5). Após a derivação da equação preditiva observou-se que o ponto de maior consumo de matéria seca em g/animal/dia foi de 9,26% de inclusão de soro. Contudo, observa-se que o consumo de matéria seca em função da unidade peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) não apresentou diferenças em seus valores com os diferentes teores de inclusão de soro de leite na dieta. O consumo de matéria seca está associado ao peso vivo do animal, o que pode explicar as diferenças no consumo absoluto ou massa total ingerida. É possível que pequenas diferenças no peso individual dos borregos tenham sido suficientes para redundar em tal resposta, visto que os mesmos foram distribuídos com peso o mais uniforme possível em cada grupo experimental, é possível, no entanto, que indivíduos em cada grupo podem ter apresentado variações personificadas no consumo de água, ocasionando tal fenômeno. Assim, após a descrição do CMS por peso metabólico, onde não se confirmou o caráter independente da variável CMS, tornou-se possível perceber que as variações individuais de peso vivo dos animais passaram a não demonstrar diferenças.

O soro é um subproduto composto basicamente por água correspondendo a 85% do água do leite. Portanto, esse alimento possui baixa quantidade de matéria seca. Essa característica implica em ingestão de maior quantidade de água do alimento, o que também influenciar o consumo de matéria seca aqui obtido. A inclusão de maior quantidade de água livre na dieta dos animais pode ter levado a um maior enchimento do rúmen. David (2006) trabalhando com vacas Girolando ingerindo quantidades crescentes de soro de leite (0, 15, 30 e 45 L) relatou aumento no tempo gasto de ingestão (min/dia) por kg de MS com os teores crescentes de soro que se ajustaram a uma curva de regressão quadrática. Esse autor relatou que a inclusão de soro fez com que os animais tivessem um aumento no tempo despendido com a ingestão de MS. Ainda nesse estudo de David (2006), foi observada diminuição linear do consumo de feno com o aumento do fornecimento de soro.

Tabela 5. Médias de consumo diário (g/dia, g/ unidade de peso vivo, g/kg0,75) das frações matéria seca(CMS), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFND), fibra em detergente ácido(CFDA), matéria mineral (CMM), matéria orgânica (CMO), carboidratos totais (CCHT), carboidratos não fibrosos (CCNF) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT) de borregos alimentados com inclusões crescentes de soro de leite na dieta

Rações experimentais						
Consumo em gramas/animal/dia						
	0%	5%	10%	15%	20%	CV
CMS	990,8 ^b	1226,5 ^a	1193,3 ^a	1061,9 ^{ab}	982,4 ^b	11,4
CPB	194,8 ^a	198,1 ^a	210,5 ^a	183,6 ^{ab}	161,7 ^b	10,4
CEE	57,8 ^b	67,5 ^a	74,5 ^a	70,7 ^a	44,4 ^c	11,3
CFDN	342,4	472,1	444,9	394,2	377,2	19,4
CFDA	98,9	140,5	142,6	123,7	121,8	28,3
CMM	57,9 ^b	71,9 ^a	73,5 ^a	63,4 ^{ab}	61,4 ^{ab}	11,0
CMO	932,9 ^b	1154,5 ^a	1119,7 ^a	998,5 ^{ab}	921,0 ^b	11,4
CCHT	680,2 ^b	889,9 ^a	839,3 ^a	753,3 ^{ab}	729,3 ^{ab}	12,0
CCNF	337,8 ^b	417,8 ^a	394,3 ^{ab}	359,1 ^{ab}	352,1 ^b	10,0
CNDT	991,1 ^b	1240,0 ^a	1217,0 ^a	1096,2 ^{ab}	1005,3 ^b	11,1
Consumo em unidade de peso metabólico						
	0%	5%	10%	15%	20%	CV
CMS	82,1	88,1	94,1	85,1	84,1	8,67
CPB	16,2 ^a	14,2 ^b	16,5 ^a	14,6 ^b	13,8 ^b	7,77
CEE	4,81 ^b	4,84 ^b	5,87 ^a	5,63 ^a	3,83 ^c	8,65
CFDN	28,2	34,0	34,1	31,8	32,0	18,3
CFDA	8,12	10,1	11,2	10,0	10,2	27,8
CMM	4,81 ^b	5,16 ^{ab}	5,8 ^a	5,08 ^{ab}	5,26 ^{ab}	8,78
CMO	77,3	82,9	88,3	80,0	78,9	8,67
CCHT	56,3	63,9	66,2	60,4	62,4	9,59
CCNF	28,0	29,9	31,0	28,6	30,4	7,84
CNDT	83,2	89,0	96,0	87,8	84,9	8,37

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK ($P>0,05$). (CV)-coeficiente de variação em %.

O consumo de soro reduz significativamente a ingestão de feno e grãos segundo Anderson et al. (1974), que constataram redução de consumo de 0,7 a 1 kg MS/dia para cada 1 kg de sólido ingerido oriundo de soro de leite. Os dados aqui obtidos, apresentaram resposta quadrática para CMS em função da inclusão do soro: $CMS = 1014,7 + 39,47 \text{ \% soro} - 2,13 \text{ \% soro}^2$. Diferentemente, Salem e Farj (2007) observaram que alimentando vacas Holandesas com 40 L de soro de leite ácido não imprimiu efeitos no consumo de matéria seca total.

É possível inferir que outros fatores inerentes ao soro de leite podem induzir respostas discrepantes como essas apresentadas, dentre elas a composição do bromatológica do mesmo, seu teor de água, a relação entre os vários sólidos presentes, e ainda a possibilidade muito alta de ter-se a correlação entre ingestão de MS por quantidade de água (soro incluído) ingerida pelos animais. O fator limitante de consumo de MS no presente ensaio pode ter sido o volume de soro ingerido, atuando como um efeito físico e alterando o consumo, pois o efeito físico da FDN não poderia ter atuado nesse caso, levando-se em conta que o soro não contém FDN. Apesar de estar em baixa concentração no soro utilizado no presente ensaio, a lactose está presente na composição do mesmo e com certeza, promove algum efeito no metabolismo ruminal. Sabe-se que no rúmen a lactose é quebrada rapidamente pelos micro-organismos e convertida em ácido láctico. O pH do soro (4,5) oferecido aos animais pode ter influenciado no consumo, visto que na maior inclusão de soro houve redução no consumo de matéria seca. Se o animal apresenta-se com balanço energético positivo, com energia metabolizável adicional, a saciedade metabólica atendida reduz o consumo de MS (Osborne et al., 2009), o que também ajudaria a explicar a queda do consumo de matéria seca com os maiores teores de soro. Seriam necessárias avaliações adicionais de parâmetros ruminais para que fosse possível dissertar sobre a influência de qualquer um destes fatores sobre o ambiente ruminal e, portanto, sobre o efeito destes no consumo de nutrientes pelos borregos. Susmel et al. (1995) comparando três relações de soro:milho na dieta de vacas: 0:100; 50:50 e 100:0; observaram que a dieta com 100% de soro levou a menores valores de pH ruminal (1,5 a 3,0), após a refeição da manhã. Além disso, obtiveram um aumento nas concentrações molares de ácido propiônico e butírico maiores em comparação aos valores encontrados para as outras duas dietas. Apesar de encontrar tais resultados estes autores não reportaram diferenças no consumo de matéria seca.

O consumo de proteína bruta absoluto (g/dia) foi maior para os animais consumindo 0; 5 e 10%, porém considerando-se a unidade de tamanho metabólico os animais do grupo controle e 10% de inclusão apresentaram maiores ingestões proteicas. O soro apresenta baixa quantidade de proteína em sua composição (0,22%), e sua inclusão em teores crescentes na matéria seca substituindo o milho que possui maior quantidade de proteína 9,06% (Valadares Filho, 2000), pode ter favorecido o menor consumo de PB.

O consumo de extrato etéreo absoluto foi influenciado pela inclusão de 5; 10 e 15% de soro de leite na matéria seca, sendo menor para os animais com inclusão de 20% de soro na dieta. Essa resposta pode estar associada ao processo de seleção do animal pelo alimento. O consumo de extrato etéreo relativo ao peso metabólico foi maior para os animais dos tratamentos de 10 e 15% de adição de soro. As dietas destes tratamentos tinham maiores concentrações de extrato etéreo em sua composição podendo explicar o maior consumo desta fração pelos animais.

O consumo de matéria mineral foi alterado pela adição de soro tanto em valores absolutos (5 e 10%) quanto relativos ao peso metabólico (10%). O soro é uma boa fonte de minerais como cálcio, fósforo, enxofre, sódio e cloro (Schingoethe, 1975), fato esse

evidenciado pela quantidade de MM presente na composição do soro do presente trabalho, podendo, portanto, ter influenciado este consumo.

O consumo de carboidratos totais foi maior para os animais que ingeriram teores de 5 e 10% de soro inclusos na matéria seca. O soro de leite, de forma geral, é caracterizado pela quantidade de lactose presente em sua composição. No entanto, no presente estudo o soro apresentou uma concentração de lactose menor do que é citado em outros trabalhos (Rapetti et al., 1995, Salem e Fraj, 2007). Trabalhando com adição de soro de leite bovino, com inclusões de 0; 1,5; 3,0 e 4,5 na dieta sólida de caprinos, Araújo (2011) não observou diferenças quanto ao consumo de carboidratos totais. O consumo de carboidratos não fibrosos foi maior somente para os animais que receberam 5% de inclusão de soro na matéria seca da dieta.

O consumo de nutrientes digestíveis totais foi maior para os animais que tinham 5 e 10% de adição de soro na matéria seca da dieta. O NDT está associado ao consumo de PB, EE, CNF e FDN. Nos teores de 5 e 10% de inclusão, foi observado aumento do consumo destes nutrientes, exceto pelo consumo de FDN, que não faz parte da composição do soro. Portanto, os animais destes tratamentos foram capazes de ingerir maiores quantidades de nutrientes, aproveitando melhor a dieta fornecida.

Tabela 6. Equações de regressão dos consumos dos nutrientes em borregos alimentados com diferentes teores de inclusão do soro de leite

Variáveis	Equações de Regressão	R²
	gramas/animal/dia	
CMS	$Y = 1014,7 + 39,47X - 2,13X^2$	31,1
CPB	$Y = 193,5 + 3,4X - 0,25X^2$	34,9
CEE	$Y = 56,4 + 4,1X - 0,23X^2$	65,1
CFDN	$Y = 343,2 + 45,3X - 4,7X^2 + 0,12X^3$	22,5
CMM	$Y = 57,7 + 5,4X - 0,53X^2 + 0,13X^3$	39,6
CMO	$Y = 955,5 + 36,9X - 2,0X^2$	31,1
CCHT	$Y = 681,5 + 74,3X - 7,8X^2 + 0,21X^3$	38,5
CCNF	$Y = 338,3 + 28,9X - 3,16X^2 + 0,87X^3$	36,5
CNDT	$Y = 1005,7 + 80,2X - 7,6X^2 + 0,118X^3$	39,4
	consumo em peso metabólico	
CMM	$Y = 4,8 + 0,11X - 4,8X^2$	15,9
CEE	$Y = 4,6 + 0,24X - 1,3X^2$	50,6
CCHT	$Y = 56,1 + 3,1X - 0,31X^2 + 86,8X^3$	19,1
CNDT	$Y = 83,2 + 1,8X - 9,2X^2$	18,1

Consumo matéria seca (CMS), consumo proteína bruta (CPB), consumo extrato etéreo (CEE), consumo fibra em detergente neutro (CFND), consumo de matéria mineral (CMM), consumo de matéria orgânica (CMO), consumo carboidratos totais (CCHT), consumo carboidratos não fibrosos (CCNF), consumo nutrientes digestíveis totais (CNDT) (R²) - coeficiente de determinação %

O consumo de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria orgânica em gramas/animal/dia apresentaram-se de forma quadrática com a participação do soro na dieta (tabela 6). Os consumos de PB, EE e MO acompanharam o consumo de MS. Considerando os conceitos de limitação de consumo voluntário de animais ruminantes seria difícil dizer qual seria, nesse estudo, a característica do soro que levou a queda dos consumos de MS, PB, EE e MO.

Empregando características de alimento e exigências nutricionais, Mertens (1987), com base principalmente nos resultados demonstrados por Conrad et al. (1964), propôs um modelo estático de natureza bifásica para estimativa do consumo voluntário em vacas em lactação. Segundo este modelo, dietas que apresentam níveis elevados de energia têm seu consumo determinado pelo atendimento das exigências do animal. Por outro lado, dietas com baixos níveis energéticos têm como principal entrave ao consumo a capacidade física de ingestão ou de enchimento ruminal. No desenvolvimento deste sistema para predição do consumo, Mertens (1994) sugeriu a concentração de fibra em detergente neutro (FDN) na dieta como unidade básica de aplicação, visto ser inversamente relacionada ao conteúdo energético e melhor representar a propriedade dos alimentos em ocupar espaço (Mertens, 1987 e 1994). O soro oferecido aos animais não possui FDN, o que elimina a teoria do efeito do FDN sobre o consumo. Resta a teoria da limitação energética da dieta, o que também não poderia ser utilizada nesse caso, tendo em vista que o soro utilizado nesse estudo apresentou baixas concentrações de lactose, que é uma fonte de carboidrato prontamente disponível para uso pelos micro-organismos ruminais. Talvez, a limitação seja mesmo a ingestão de um alto volume de líquido no rúmen, diminuindo o espaço físico desta câmara fermentativa, levando a um menor consumo daqueles nutrientes. Grovum (1987) observou que o local mais importante do trato digestivo dos ruminantes no controle pelo enchimento é o retículo-rúmen, ou melhor, certas áreas deste compartimento são mais sensíveis. Leek (1969) encontrou em ovelhas que as áreas mais ativas dos receptores de tensão são o óstio reticular, parede medial e saco cranial do rúmen. Isso pode indicar que uma ação local do alimento nestas áreas pode sinalizar distensão, mesmo quando o retículo-rúmen está com conteúdo abaixo de sua capacidade. Demarquilly et al. (1966) mostraram que o excesso de água contida na forragem verde pode reduzir o consumo pelo seu poder de distensão ruminal.

De posse da informação de que vacas ingerindo dietas com baixa e alta concentrações de lactose, 7,1 e 14,3% da matéria seca, respectivamente, apresentam aumento nas proporções de butirato no rúmen, publicada em seu trabalho anterior (DeFrain et al. 2004), estes mesmos pesquisadores estudaram o impacto do aumento de butirato proveniente da fermentação da lactose sobre o metabolismo de vacas em período de transição (DeFrain et al. 2006). Nessa oportunidade não registraram diferenças na ingestão de matéria seca entre vacas do grupo controle e daquelas que ingeriram lactose, apesar de ter sido demonstrado que o butirato estimula crescimento e desenvolvimento de papilas, resultando em aumento da superfície de contato e capacidade absorviva do rúmen (Dirksen et al. 1985). Assim, quando o animal consumir o alimento a taxa de

absorção de nutrientes poderia ser maior, influenciando os sinais de saciedade, e portanto, a alteração do consumo. Uma provável influência da lactose sobre o ambiente ruminal poderia ser utilizada para dissertar sobre a diminuição do consumo de matéria seca observada, apesar de que pequena concentração deste componente foi encontrada no soro oferecido aos animais deste estudo. Contudo, os dados colhidos no presente ensaio não permitem uma discussão aprofundada sobre qualquer efeito da lactose no consumo dos borregos.

É interessante observar a resposta cúbica do consumo de fibra detergente neutro com a adição de soro na dieta dos borregos. O fato de os animais estarem ingerindo quantidades crescentes de um alimento que não possui a fração fibrosa, tão importante para os ruminantes, pode ter feito com que estes modulassem o consumo de FDN, a fim de não afetarem sua fisiologia ruminal normal. É possível que os animais tenham buscado equilibrar a necessidade da fração fibrosa presente nos alimentos, que diminuiriam em quantidade fornecida pelo aumento da quantidade de soro adicionada à dieta. O soro utilizado no presente estudo possui pH baixo (4,5) e esse parâmetro é muito responsivo à alimentação e à atividade mastigatória do animal. Soma-se ao baixo pH do soro a lactose em sua composição, substrato esse que será rapidamente fermentado gerando ácidos no ambiente ruminal. Segundo Allen (1997) a concentração de FDN da dieta sozinha não está relacionada com o pH ruminal ($P=0,27$), no entanto, a FDN da dieta é o componente nutricional que está relacionado com o tempo total de mastigação. Assim, a concentração de FDN na dieta influencia o tempo total de mastigação que visa compensar alterações no pH ruminal, pelo aumento do fluxo de saliva que neutraliza os ácidos produzidos na fermentação. É possível que a resposta cúbica do consumo de FDN se deva a fatores associados tanto ao pH ruminal como a lactose. Contudo, somente com os dados obtidos nesse estudo, não é possível discorrer sobre esses parâmetros.

Os consumos em gramas/dia de CHT, CNF e NDT também apresentaram ajuste a curvas de regressão cúbicas, resposta biologicamente pouco expressiva, e os consumos relativos ao peso metabólico de MM, CNF e NDT foram quadráticos. Os consumos de CHT e CNF estão associados, pois a determinação do segundo depende do primeiro, outro fator importante é a influência do consumo dos carboidratos totais e não fibrosos sobre o consumo de FDN. Os carboidratos não fibrosos são importantes por proverem aporte energético para o crescimento microbiano no rúmen e energia para o animal. A presença de carboidratos no rúmen influencia a atividade das bactérias celulolíticas, responsáveis por disponibilizar energia da fibra para os ruminantes. A partir da equação de regressão observada para o consumo de FDN é possível prever que as inclusões geraram uma resposta muito flutuante sobre esse consumo. É difícil dizer a partir deste padrão de resposta se os borregos buscaram ingerir maior quantidade de FDN a fim de compensar a isenção de FDN no soro, ou ainda, se o líquido influenciou o taxa de passagem dos sólidos fazendo com que os animais buscassem ingerir maior quantidade de FDN, essencial para animais ruminantes. Destacam-se ainda as baixas correlações

entre consumo de FDN e digestibilidade da FDN e inclusão de soro nas rações ($r = 0,0528$ e $r = -0,0758$, respectivamente).

A disponibilidade de nutrientes nos alimentos é essencialmente determinada pela constituição química dos alimentos, primeiro, com respeito às concentrações de componentes disponíveis e indisponíveis, e, segundo, levando em consideração as estruturas orgânicas e os inibidores que podem limitar a disponibilidade dos componentes com os quais estão associados. Sob o ponto de vista físico-químico, a digestibilidade é função da disponibilidade cumulativa de nutrientes líquidos. A disponibilidade de nutrientes é limitada pela extensão ruminal e pela competição entre as taxas de digestão e passagem, que resultam num material potencialmente digestível, não digerido (Van Soest, 1994).

Tabela 7. Coeficientes de digestibilidade (%) em porcentagem dos nutrientes e teores do NDT (%) em rações de borregos alimentados dos diferentes teores de inclusão do soro de leite

	Rações experimentais					
	0%	5%	10%	15%	20%	CV
DMS	65	65	64	68	67	12,3
DPB	74	69	70	72	71	9,69
DEE	60	60	68	70	55	21,2
DFDN	53	58	58	57	56	18,7
DCHT	67	69	68	70	71	10,5
DCNF	80	80	79	85	84	6,95
DMO	68	68	68	70	69	10,6
DEB	72 ^a	65 ^{ab}	68 ^{ab}	71 ^a	63 ^b	6,33
NDT	67	68	68	71	69	11,0

Digestibilidade matéria seca (DMS), Digestibilidade proteína bruta (DPB), Digestibilidade extrato etéreo (DEE), Digestibilidade fibra em detergente neutro (DFND), Digestibilidade fibra em detergente ácido (DFDA), Digestibilidade carboidratos totais (DCHT), Digestibilidade carboidratos não fibrosos (DCNF), Digestibilidade da matéria orgânica (DMO), Digestibilidade da energia bruta (DEB), nutrientes digestíveis totais (NDT), (R^2)- coeficiente de determinação %, (CV)- coeficiente de variação em %

A inclusão de soro de leite na dieta dos borregos não influenciou quaisquer dos coeficientes de digestibilidade avaliados. Salem e Farj (2007) trabalhando com vacas Holandesas ingerindo 0 e 40 L de soro de leite não observaram efeitos desta inclusão sob os coeficientes de digestibilidade da MS e da MO.

Uma das propriedades da proteína do soro que merece destaque é seu elevado valor biológico, e, conforme Smithers (2008), estas proteínas estão prontamente disponíveis para serem utilizadas pelo organismo. De acordo com Verdonk et al. (1999) o soro é uma fonte de proteína rapidamente hidrolisada resultando em rápidos e elevados picos de aminoácidos no sistema porta. O soro fornece para os micro-organismos ruminais, lactose, fonte de carboidrato rapidamente degradável, que pode ser disponibilizada para melhor utilização das proteínas do soro. No entanto, no presente trabalho não foi

observada influência do soro sobre a digestibilidade da proteína bruta. A partir da hipótese de que aumentando a frequência de alimentação e o nível de alimentação seria possível melhorar a utilização da proteína do soro Van Den Borne et al. (2006) usaram o soro de leite como única fonte de proteína na dieta de bezerros. Estes autores observaram que tanto o nível como a frequência de alimentação não influenciaram no consumo e digestibilidade da MS, PB, energia e gordura, apesar de terem obtido valores de digestibilidade que excederam 90%. Sabendo-se que a digestibilidade é resultante direta da taxa de passagem e da taxa de digestão no rúmen, bem como a interação das mesmas, e também dessas por todo trato gastrointestinal; e sendo ambas muito dependentes da ingestão de matéria seca, sugere-se que esse conjunto de fatores tenha interagido, de forma que alterações em um, ou conjunto deles, tenha produzido uma resposta do tipo “compensatória”, resultando na ausência de efeito da inclusão do soro na digestibilidade, bem como na quantidade de NDT das rações.

O NRC (2001) assume digestibilidade de 100% para o soro de leite. Os coeficientes de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos do presente ensaio estão em valores médios de 80%, mesmo assim, não foram suficientes para elevar os valores de digestibilidade da MS. David et al. (2010) avaliaram o efeito da adição de soro de leite líquido à dieta sobre a digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido em 12 vacas Girolando, que receberam feno de *coastcross*, suplementado com sal proteinado, e zero (controle), 15, 30 ou 45 litros de soro de leite/dia. Esses autores relataram que adição de soro na dieta afetou a digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta e não houve efeito sobre a digestibilidade do FDN e do FDA.

De modo geral, a digestibilidade aumenta com o incremento da proporção de energia na dieta. Contudo, quando há inclusão de elevada quantidade de energia na dieta de ruminantes, ocorre aumento na taxa de passagem da fase sólida pelo rúmen, que resulta em menor tempo de colonização e diminuição da digestibilidade da fibra em decorrência do aumento da proporção dos carboidratos prontamente disponíveis e fermentáveis (Orskov, 2000; Valadares Filho, 2000; Mertens, 2001). Oelker et al. (2009), no entanto, não observaram efeito da inclusão de açúcares na dieta (2,6% de melaço) na digestibilidade da MS ou da PB. O soro de leite usado no presente trabalho também continha açúcar em sua composição, mas isso não causou alterações na digestibilidade de nutrientes na dieta fornecida aos borregos.

Tabela 8. Consumos de energia bruta (CEB) em kcal/d, digestível (CED) em kcal/d e metabolizável (CEM) em kcal/d; energia bruta da urina (EBU), balanço energético (BENERG), nutrientes digestíveis totais (NDT) e consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) em função dos teores de inclusão do soro de leite

	Rações experimentais					CV
	0%	5%	10%	15%	20%	
CEB	4054,4 ^a	4787,6 ^a	4538,7 ^a	3931,5 ^{ab}	3298,9 ^b	12,4
CED	2918,3 ^a	3126,1 ^a	3105,5 ^a	2804,9 ^a	2086,3 ^b	13,5
CEM	2848,8 ^a	3039,2 ^a	3029,4 ^a	2714,3 ^a	2006,6 ^b	13,4
EBU	66,3	83,7	72,9	87,5	76,5	31,5
BENER	2851,9 ^a	3042,3 ^a	3032,5 ^a	2717,4 ^a	2009,7 ^b	13,4
NDT	67	68	68	71	69	11,0
CNDT	991,1 ^b	1240,0 ^a	1217,0 ^a	1096,2 ^{ab}	1005,3 ^b	11,1

(CV)- coeficiente de variação em %;

A inclusão de 20% de soro teve menor consumo de energia bruta (CEB) que todas inclusões até 10%, mas foram similares quando ofertou 15% de soro aos borregos, já os consumos de energia digestível, energia metabolizável e o balanço energético essa inclusão máxima de soro redundou no menores valores. Porém, os consumos de energia apresentaram efeito quadrático (tabela 10), demonstrando a tendência de diminuição do consumo energético com a adição de soro na dieta. O soro fornece na dieta 1940 Cal/g de energia, porém como a proporção de milho na dieta diminui, e sendo o milho um ingrediente caracterizado por possuir alta energia, aumentando-se a proporção de soro que é bem menos energético do que o milho tem-se reflexo disso nos consumos de energia. Diferentemente, Rapetti et al. (1995) forneceram duas dietas para cabras em lactação: uma controle e outra com soro líquido *ad libitum*, com 1,53 e 1,58 Mcal/kg de energia líquida, respectivamente. Esses pesquisadores observaram aumento na concentração de energia da dieta, o que levou ao aumento na gordura e proteína no leite, elevando a quantidade de energia no produto final. No entanto, o concentrado fornecido às cabras continha milho moído, cevada e polpa de beterraba, sendo que esta última fonte de carboidratos pode ter sido a responsável pelo aumento da energia da ração, gerando uma diferença na concentração de carboidratos não fibrosos de 25,8 (controle) para 32,1 (dieta soro).

A digestibilidade da energia bruta foi maior para os animais controle e os do tratamento 15% de inclusão e apresentou um comportamento cúbico em relação aos teores crescentes de soro. A digestibilidade da energia é um parâmetro importante, pois está associado com a disponibilidade de energia para que o organismo animal utilize os nutrientes presentes na dieta. O comportamento cúbico é difícil de ser explicado provavelmente, esse se dá também devido a outros fatores inerentes ao parâmetro avaliado que não só o fator considerado como responsável por gerar resposta cúbica. A digestibilidade da energia bruta é uma variável que está relacionada à fermentação ruminal e utilização dos nutrientes fornecidos ao animal, contudo discussões mais

aprofundadas necessitariam de outras avaliações do ambiente ruminal que não foram feitas neste estudo. Assim, esta variável pode ter sido influenciada não somente pelos teores de inclusão, mas juntamente com estes, o pH do soro oferecido, a lactose no ambiente ruminal, entre outros, podem ter contribuído ou interagido de forma a alterar o comportamento da digestibilidade da energia bruta, gerando o comportamento cúbico, difícil de ser explicado biologicamente.

Tabela 9. Equações de regressão dos consumos de energia bruta (CEB), energia digestível (CED), energia metabolizável (CEM), digestibilidade da energia bruta (DEB) e balanço energético (BENER) em borregos alimentados dos diferentes inclusões do soro de leite

Variáveis	Equações de regressão	R ² (%)
CEB	$Y = 4128,1 + 133,7X - 8,9X^2$	45,6
DEB	$Y = 72,1 - 3,02X + 0,40X^2 - 1,36X^3$	35,7
CED	$Y = 2905,2 + 8,13X - 6,06X^2$	48,7
CEM	$Y = 2834,4 + 79,01X - 5,97X^2$	51,0
BENER	$Y = 2837,5 + 79,0X - 5,97X^2$	51,0

(R²)- coeficiente de determinação

Tabela 10. Consumos de nitrogênio (CN) em g/d, nitrogênio Fecal (NF) g/d e nitrogênio urinário (NU) em g/d, nitrogênio retido (NR) em porcentagem e balanço nitrogenado (BN), em função da inclusão do soro de leite

Rações experimentais						
	0%	5%	10%	15%	20%	CV
CN	29,9 ^a	30,3 ^a	31,6 ^a	26,8 ^a	22,6 ^b	10,9
NF	8,07	9,64	10,2	7,82	7,42	31,6
NU	6,23	6,02	7,25	7,37	6,99	41,5
NR (%)	52,9	48,9	45,9	42,6	36,0	29,9
BN	15,6 ^a	14,6 ^a	14,1 ^a	11,6 ^{ab}	8,23 ^b	27,7

(CV)- coeficiente de variação em %. Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05)

O consumo de nitrogênio mostrou-se menor quando ofertou-se a maior quantidade de soro aos borregos, fato distinto para o balanço de nitrogênio esse maior teor mostrou-se equivalente aos 15% de inclusão, porém inferior aos demais teores de soro nas rações. As equações de regressão do consumo de nitrogênio e balanço nitrogenado tiveram ajuste quadrático, enquanto o nitrogênio retido teve linear. Ambos os resultados podem indicar que o fato dos animais consumirem maior quantidade de nitrogênio não significa que serão capazes de utilizar maior quantidade deste nitrogênio para o metabolismo microbiano, ou mesmo, que esse nitrogênio será absorvido pós-rúmen.

Tabela 11. Equações de regressão do consumo de nitrogênio (CN) em g/d, balanço nitrogenado (BN) e nitrogênio retido (NR) em porcentagem em função da inclusão do soro de leite

Variáveis	Equações de regressão	R ² (%)
CN	$Y = 29,7 + 0,49X - 4,32X^2$	89,0
BN	$Y = 15,4 + 3,4X - 1,96X^2$	97,7
NR (%)	$Y = 53,2 - 0,79X$	96,6

(R²)- coeficiente de determinação

A avaliação do valor proteico de alimentos líquidos para ruminantes como o soro, melaço e alimentos solúveis condensados é metodologicamente limitado pela dificuldade de mensurar a degradabilidade ruminal a partir da técnica de sacos de *nylon*. O INRA (1988) considera degradabilidade total para o soro, indicando que este alimento possui excesso de energia fermentável e por isso necessita de ser balanceado com fontes de nitrogênio degradável. Contudo, por ser líquido, parte do soro da dieta pode escapar a fermentação ruminal, devido ao elevado *turnover* de líquidos e assim ser digerido no pós-rúmen. As frações proteicas do soro são conhecidas por apresentarem uma elevada taxa de eficiência de síntese microbiana e sua digestão no intestino pode aumentar a retenção de nitrogênio com inclusões de soro (Susmel et al. 1995). No entanto, considerando os resultados das equações de regressão tanto de consumo de nitrogênio como de consumo de energia, discutido anteriormente, é possível observar que a utilização de nitrogênio no rúmen ou no intestino depende da disponibilidade concomitante de energia. Provavelmente, esses dois resultados explicam a diminuição linear da retenção de nitrogênio para os borregos consumindo quantidades crescentes de soro na dieta. Além disso, a resposta cúbica da digestibilidade da energia bruta podem contribuir para explicar a menor retenção de nitrogênio.

Não se observaram diferenças no consumo de água em função do consumo de matéria seca, do peso vivo, peso metabólico e água da urina (tabela 12).

Tabela 12. Consumo absoluto de água (CH₂O) em mL, relativo ao consumo de matéria seca (CH₂O/CMS) em mL/kg de MS ingerida, ao peso vivo (CH₂O/PV) em mL/kg, ao peso metabólico (CH₂O/PM) em mL/kg^{0,75}, água da urina (H₂O URINA) em mL e balanço hídrico (BAL. HID) em função da inclusão de soro de leite

Variáveis	0%	5%	10%	15%	20	CV(%)	R ²	Eq. R
CH ₂ O	3128,8	3345,3	3408,1	3393,5	2100	27,8	18,3	Y=3059,2+132,5X-8,6X ²
CH ₂ O/CMS	3,18	2,78	2,86	3,18	2,1	29,4	*	NS
CH ₂ O/PV	112,9	103,6	116,9	120,4	78,7	34,2	*	NS
CH ₂ O/PM	258,2	245,4	271,3	275,9	178,7	31,7	*	NS
H ₂ O URINA	1050,9	833,1	938,5	1210,1	787,9	56,9	*	NS
BAL. HID	2077,8a	2512,1a	2469,5a	2183,3 ^a	1312,0b	25,7	36,7	Y=2075,9+125,7X-8,1X ²

CV = coeficiente de variação (%); R² = coeficiente de determinação (%); Eq. R. = equação de regressão; NS = não significativo

O consumo de água não foi afetado pelos diferentes teores de soro na dieta em relação aos animais controle, porque nesse caso considera-se o consumo de água total, ou seja, a água presente nos alimentos, a água que foi fornecida juntamente com o soro na mistura e a água do soro. No entanto, quando o consumo é relacionado aos teores crescentes de soro na dieta tem-se um ajuste quadrático da curva de regressão, ou seja, à medida que se adicionava soro na dieta o consumo de água diminuía. David (2006) encontrou o mesmo comportamento quadrático do consumo de água para vacas com adição de soro de leite na dieta, citando valores de 21; 10; 3 e 1 L para as inclusões 0; 15; 30 e 45 L de soro, respectivamente. Pesquisadores têm indicado que o consumo de água é proporcional ao consumo de matéria seca (Langhans et al., 1995; NRC, 2001). Na busca de um modelo para representar a dinâmica do efluxo de líquidos do rúmen e para melhor predizer a taxa de passagem de líquidos Seo et al. (2007) consideraram o CMS como variável mais significativa para a predição do consumo total de água. É possível observar que o consumo de água teve comportamento quadrático assim como o consumo de matéria seca já discutido anteriormente. Ainda segundo o NRC (2007) quanto maior a umidade de um alimento menor o consumo de água. No entanto, como é possível observar a relação de consumo de água com o consumo de MS não foi diferente entre os tratamentos. O aumento da umidade da dieta com a adição de soro na mesma não está associado somente a adição de água ao meio, mas também relaciona-se aos sólidos dissolvidos nesse meio, que podem ter influenciado, de alguma forma, a osmolaridade do rúmen. Assim, o fluxo de líquidos no ambiente ruminal estaria sofrendo alterações devido a presença destes sólidos, que após atingir um ponto máximo de ingestão de água leva a um menor consumo de água pelos animais.

De acordo com Nunes (1998) o consumo de água deve ser de 1,5 a 2 vezes o CMS. Porém é possível notar que os animais do presente estudo mantiveram relação acima dessa faixa, o que é compreensível visto que o soro representa 85% da água do leite. O

balanço hídrico foi menor para os borregos do tratamento 20% de inclusão de soro, apresentando comportamento quadrático, no entanto, registra-se que em todas as dietas o balanço hídrico foi positivo. O balanço hídrico apresentou comportamento quadrático decrescente acompanhando o consumo de água, e como o cálculo do primeiro depende do último, o balanço hídrico, assim como o consumo de água, teve tendência a ser menor com o aumento de soro na dieta, pois os animais ingeriram menos água e não apresentaram diferenças na perda de água pela urina. Alia-se a esse fator a capacidade dos pequenos ruminantes em reter maior quantidade de água devido a baixa umidade e formato de suas fezes.

4- Conclusões

A inclusão do soro de leite em dietas para borregos, até o teor de 10% não prejudica o consumo de nutrientes.

O balanço nitrogenado e energético mostrou-se positivo com todos os teores de inclusão, reduzindo-se com maiores inclusões em uma resposta quadrática.

5- Referências Bibliográficas

A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis* (red.). Washington DC: AOAC, 1995. 1015p.

ANDERSON, M.; LAMB, R.; MICKELSEN, C. et al. Feeding liquid whey to dairy cattle. *J. Dairy Sci*, v. 57, p. 1206-1210, 1974.

ARAÚJO, A. R. *Uso do soro de leite bovino na alimentação de caprinos*. 2012. 39f. Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral.

BEN SALEM, M. AND FRAJ, M. The effects of feeding liquid acid whey in the diet of lactating dairy cows on milk production and composition. *J. Cell Anim. Bio.*, v.1 , p. 007-010, 2007.

BLAXTER, K. L., CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.*, v.19, p.511-522, 1965.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II. Métodos físicos e químicos. Brasília: Ministério da Agricultura, 2003.

CONRAD, H.R.; PRATT, A.D.; HIBBS, J.W. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *J. Dairy Sci*, v.47, p.54-62, 1964.

DAVID, F. M. *Diferentes quantidades de soro de leite na alimentação de vacas secas*. 2006. 68f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DAVID, FM.; COLLAO-SAENZ, E. A.; PÉREZ, J. R. O. Efeito da adição de soro de leite sobre a digestibilidade aparente e os parâmetros sanguíneos de vacas secas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.62, p.1183-1190, 2010.

DeFRAIN, J. M. et al. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.*, v. 87, p. 4195-4206, 2004.

DeFRAIN, J. M.; HIPPEN, A. R.; KALSCHEUR, K. F. et al. Feeding lactose to increase ruminal butyrate and the metabolic status of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 89, p.267–276, 2006.

DEMARQUILLY, C.; BOISSAU, J. M.; CUYLLE, G. Factors affecting the voluntary intake of green forage by sheep. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 1966, São Paulo. *Proceedings...* São Paulo: Secretaria de Agricultura, 1966, p. 877-885.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Production Yearbook*. Roma, v.48, p.164-165. (FAO Statistics, 125). 2007.

GROVUM, W. L. A new look at what is controlling food intake. In: SYMPOSIUM OF FEED INTAKE BY BEEF CATTLE, 1987, Stillwater. *Proceedings...* Stillwater: [s. n.], 1987, p.1-40.

HALL, M.B. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis. Florida /US: University of Florida, 2000 (Bulletin 339).

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. *Ruminant nutrition: recommended allowances and feed tables*. Paris: John Libbey Eurotext, 1989. 389 p.

LANGHANS, W., ROSSI, R. AND SCHARRER, E. Relationship between feed and water intake in ruminants. In: 8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 1995, Zurich, *Proceedings...*, Zurich, 1995, p. 199-216.

LEEK, B. F. Reticulo-rumen mechanoreceptors in sheep. *J. Physiol.* 202:585, 1969.

MERTENS, D.R. Physical effective NDF and its use in formulating dairy rations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 2001, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA-FAEPE, 2001. p.25-36.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.*, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Winsconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirement of small ruminants*. 6. Ed. Washington, D. C.: The National Academy of Sciences, 2007, 362p.

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

NUNES, I.J. *Nutrição Animal Básica*. 2.Ed. Belo Horizonte. FCP-MVZ ED. 1998.

OELKER, E.R.; REVENEAU, C.E FIRKINS J.L. Interaction of molasses and monensin in alfalfa hay- or corn silage-based diets on rumen fermentation, total tract digestibility, and milk production by Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v.92, p.270-285, 2009

ORSKOV, E.R. New concepts of feed evaluation for ruminants with emphasis on roughages and feed intake. *Asian Aust. J. Anim. Sci.*, v.13, suppl., p.128-136, 2000.

OSBORNE, V. R. et al. Effects of supplementing glycerol and soybean oil on drinking water on feed and water intake, energy balance of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 92, p. 698-707, 2009.

RAPETTI, L.; FALASCHI, U.; LODI, R. et al. The effect of liquid whey fed to dairy goats on milk yield and quality. *Small Rum. Res.*, v. 16, p. 215-220, 1995.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa:UFV, 2001. 301p.

SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV – Viçosa, 2007.

SCHINGOETHE, D. J. Whey utilization in animal feeding: A summary and evaluation. *J. Dairy Sci*, v. 59, p. 556-570, 1975.

SEO, S.; LANZAS, C. TEDESCHI, L. O. et al. Development of a mechanistic model to represent the dynamics of liquid flow out of the rumen and to predict the rate of passage of liquid in dairy cattle. *J. Dairy Sci*. v.90, p.840–855, 2007.

SILVA, J.F.C. e LEÃO, M.I. *Fundamentos da nutrição de ruminantes*. Piracicaba, Livrocere, 1979. 380p.

SMITHERS, W. G. Whey to whey proteins – From `gutter to gold`. *Inter. Dairy J.*, v. 18, p. 695-704, 2008.

SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p. 3562- 3577, 1992.

SUSMEL, P.; SPANGHERO, M.; MILLS, C. R. et al. Rumen fermentation characteristics and digestibility of cattle diets containing different whey: maize ratios. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v.53, p.81-89, 1995.

VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. *Anais...*Viçosa: SBZ, 2000.

VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. et al. CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos. Disponível em www.ufv.br/cqbal. Acessado em: 22 jan 2013

VAN DEN BORNE, J. J. G. C.; VERSTEGEN, M. W. A., ALFERINK, S. J. J.; et al. Effects of feeding frequency and feeding level on nutrient utilization in heavy preruminant calves. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.3578–3586, 2006.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.3583-3597, 1994.

VERDONK, J. M. A. J., GERRITS, W. J. J.; BEELEN, G. M.; et al. 1999. Effect of protein source on portal nutrient fluxes in pre-ruminant calves. Page 47 (Abstr.) in Protein Metabolism and Nutrition. Eur. Assoc. Animal Prod. Publication No. 96. G.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Cornell nutrition conference for feed manufacturers, 1999, *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

Capítulo IV – Valor nutritivo do subproduto do biodiesel em dietas para ovinos. Glicerina

Ensaio 1 – Consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes e balanço de nitrogênio, energia e hídrico de rações com teores crescentes de glicerina para borregos

Resumo

O presente trabalho realizou-se como o objetivo de avaliar os coeficientes de digestibilidade e os consumos de rações experimentais fornecidas para ovinos em crescimento contendo diferentes inclusões da glicerina, como também o balanço energético, nitrogenado e hídrico destas dietas. Vinte e cinco borregos inteiros foram distribuídos em tratamentos contendo rações com cinco teores de inclusão de glicerina (zero; 3%; 6%; 9% e 12%), em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco ovinos por tratamento. O consumo de matéria seca não foi alterado, seja expresso em valor absoluto (gramas por dia) ou de modo relativo ao peso metabólico ($P < 0,05$) pela inclusão da glicerina. No entanto, consumo de matéria mineral, em valores absolutos, mostrou-se significativo para todos os tratamentos; muito embora, quando expresso em como ingestão por $\text{kg}^{0,75}$, houve maior consumo quando se forneceu 6% de glicerina aos animais ($P < 0,05$). O consumo de matéria mineral se ajustou a equação cúbica (gramas/dia) e quadrática (relativo ao peso metabólico). Os borregos do tratamento 6% também obtiveram maior consumo de proteína bruta ($P < 0,05$). O consumo de extrato etéreo tanto em gramas quanto relativo ao peso metabólico apresentou resposta quadrática com as inclusões de glicerina nas rações. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes avaliados não foram alterados pelos teores crescentes de inclusão ($P > 0,05$). O nitrogênio retido foi maior para os tratamentos 0, 3 e 9%, os quais também apresentaram menores perdas urinárias de nitrogênio ($P < 0,05$). O balanço energético e proteico foi positivo em todas as situações. O balanço nitrogenado foi maior para os teores 0 e 9% de inclusão ($P < 0,05$). Os consumos de água, não foram afetados pela adição de glicerina, assim também o balanço hídrico, independentemente da forma como tais variáveis foram analisadas. As inclusões de glicerina nas dietas não resultaram em alterações no consumo e digestibilidade de nutrientes e no consumo de água, assim sendo, em razão dos demais resultados pode-se sugerir que a inclusão da glicerina pode ser feita em teores de 12% da matéria seca para borregos.

1-Introdução

O biodiesel entrou no cenário brasileiro em 2008 quando foi instituída a obrigatoriedade de se adicionar 2% de biodiesel ao diesel comum (ANP, 2004). Neste sentido, o aumento nacional na produção do biodiesel trouxe como consequência grande oferta de glicerina, pois o processo de produção gera 10% desse produto (Pinto et al. 2005). Estes

excedentes de glicerina geram preocupações ambientais, estimulando pesquisas para indicar o aproveitamento seguro do mesmo.

Por ter características energéticas e sabor adocicado, a glicerina constitui-se em um material promissor para a alimentação animal, podendo substituir em parte, os concentrados energéticos da ração, principalmente o milho. Neste sentido, o potencial de uso de glicerina proveniente da indústria de biodiesel como ingrediente dietético na alimentação de animais é de relevante interesse científico.

O consumo e a digestibilidade são parâmetros chaves em vários sistemas de formulação de dietas para ruminantes. A medição desses parâmetros faz-se necessária, pois, estes possuem alta correlação com a ingestão de matéria seca e eficiência na absorção e aproveitamento dos nutrientes. De acordo com Santini et al. (1992), os coeficientes de digestibilidade aparente usados na avaliação dos alimentos podem ser influenciados por uma série de fatores, sendo que entre estes, a relação volumoso:concentrado está, com certeza, entre os fatores mais importantes.

Torna-se necessário o estudo de estratégias nutricionais objetivando a utilização de alimentos disponíveis na região e a redução de custos, sendo o objetivo deste trabalho de avaliar o efeito da inclusão da glicerina, nos teores de zero; 3; 6; 9 e 12%, no consumo e digestibilidade em rações para borregos.

2-Material e Métodos

2.1- Local

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório de Calorimetria e Metabolismo Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, entre os meses de maio e junho de 2012.

2.2- Animais

Foram utilizados 25 borregos inteiros com peso vivo médio de 31,9 kg, provenientes de fazenda localizada no município de Carandaí - MG. Os animais foram examinados, desverminados e vacinados contra clostridioses, sendo posteriormente alojados em gaiolas de metabolismo com bebedouro, comedouro e saleiro e dotadas de aparato separador de fezes e urina. A distribuição dos animais foi realizada de forma que as repetições fossem as mais homogêneas possíveis nos tratamentos. O período de adaptação às dietas e às gaiolas foi de 20 dias, sendo o período experimental de cinco dias.

2.3- Tratamentos

Os tratamentos consistiram de crescentes teores de inclusão de glicerina na matéria seca da dieta, a saber, zero; 3; 6; 9 e 12% de inclusão. Foram empregados cinco animais por tratamento, que foram devidamente sorteados para cada tratamento.

2.4- Manejo nutricional

As dietas foram balanceadas segundo o NRC (2007), com uma proporção de volumoso e concentrado de 40:60, a fim de suprir as exigências de proteína e energia metabolizável para um ganho de 200 g/dia. As dietas continham os teores de inclusão da glicerina na matéria seca e foram formuladas de modo que fossem o mais isonitrogenadas e isoenergéticas possíveis. As dietas eram compostas de milho fubá, soja extrusada, Megalac®, ureia+sulfato de amônio, fosfato bicálcico, feno Tifton 85, picado em picadeira com tamanho das partículas em torno de 5cm, e glicerina. O sal mineral específico para a espécie (Ovinofós, Tortuga®), foi fornecido à vontade, para garantir o atendimento dos macro e microminerais. As rações foram produzidas na Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa no município de Igarapé.

Tabela 13. Composição bromatológica e proporção dos ingredientes das dietas utilizadas nas rações experimentais com inclusões de glicerina para borregos

Composição Bromatológica e Teor de Energia Bruta					
	0%	3%	6%	9%	12%
MS %	88,4	87	90,3	87,2	88,3
PB %	23,8	22,7	20,5	23,6	23,5
FDN %	13,8	14,8	14,1	17,3	17,8
FDA%	3,49	4,21	4,57	5,3	4,8
EE%	5,96	7,65	5,83	6,37	7,57
MM%	4,97	7,59	7,45	6,37	7,04
CHT	65	62	66	64	62
CNF	51	47	52	46	44
Energia bruta Cal/g	4186,4	4140,9	4047	4203,8	3740,3
Proporção dos Ingredientes (% MS)					
Feno Tifton 85	41,5	41,7	41,8	41,9	42,4
Milho fubá	25,4	20,7	16	12,5	7,91
Soja extrusada	27,5	28,6	29,7	31,1	32,3
Megalac	2,18	2,17	2,15	2,07	2,05
Fosfato	0,42	0,45	0,47	0,5	0,53
Ureia+sulfato amônio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Glicerina	0	3	6	9	12

Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta

(PB) nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF).

As rações foram pesadas diariamente em quantidades suficientes para atender a ingestão dos animais garantindo uma sobra de 20% do volumoso, e fornecidas em duas refeições diárias, sendo a primeira às 7 horas e outra às 16 horas.

A glicerina foi obtida junto à empresa de biodiesel ADM do Brasil LTDA, localizada em Rondonópolis – MT. A mesma foi armazenada em bombona de 100 litros, em temperatura ambiente. A glicerina foi veiculada à água, sendo que para o cálculo da quantidade de água a ser fornecida aos animais utilizou-se a estimativa de consumo de água do NRC (2007) – (consumo de água = $(3,86 \times \text{ingestão de matéria seca}) - 0,99$). A esta quantidade de água calculada era adicionada a quantidade de glicerina respectiva à sua inclusão na matéria seca da dieta. A pesagem da glicerina oferecida era feita no dia anterior ao seu fornecimento em provetas de vidro de 1 litro, onde se completava o volume com água e essa solução era colocada em vasilhames plásticos com capacidade para 2 L também armazenados em temperatura ambiente. O restante da água oferecida junto com a glicerina foi medida em provetas graduada de vidro 2 litros. A mistura da água e glicerina era feita no momento do fornecimento aos animais na refeição da manhã, ficando disponível ao animal durante todo o dia até a nova refeição da manhã do dia seguinte. Aos animais que não recebiam glicerina na dieta (controle) foi fornecida uma quantidade de água de 5 litros que era medida em provetas graduada de vidro de 2 litros. Quando algum borrego ingeria toda a mistura ou a água antes da refeição da manhã do dia seguinte, era adicionada uma quantidade de 5 litros de água ao mesmo, sendo esse volume registrado.

Tabela 14. Composição bromatológica e Teor de Energia da glicerina utilizada no presente estudo

Composição Bromatológica e Teor de Energia	
MS (%)	70,09
PB (%)	0,06
EE (%)	19,21
MM (%)	5,73
FDN (%)	*
FDA (%)	*
CHT	75
CNF	75
Energia bruta Cal/g	2344,9

Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Matéria seca (MS), proteína bruta (PB) extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF)

2.5- Consumo e digestibilidade aparente das rações experimentais

Empregou-se um ensaio de digestibilidade aparente, com teores crescentes de glicerina como proposto com o objetivo de se determinarem os coeficientes de digestibilidade e avaliar as dietas experimentais. Para o ensaio foram utilizadas gaiolas metabólicas individuais já supracitadas, fechadas com telas de náilon para reduzir a perda de fezes. Foram colocados sacos plásticos ao redor dos pés das gaiolas a fim de se isolar o máximo possível as fezes produzidas por animal. As gaiolas continham dispositivos para coleta de fezes e urina, tais dispositivos foram constituídos por baldes de 8 litros colocados dentro de uma caixa de plástico de 40 litros, sobre os baldes existia uma tela com malha de 5 mm, de maneira a permitir um declive para a queda das fezes sem risco de contaminação da urina colhida no balde. O conjunto balde mais caixa ficava sob um funil fixado em cada gaiola que contribui para o direcionamento das fezes e urina para dentro do conjunto balde e caixa.

O ensaio de digestibilidade teve duração de vinte e cinco dias, sendo os vinte primeiros para adaptação às gaiolas, rações e manejo e cinco dias para a prova propriamente dita, durante os quais amostras das rações oferecidas e das sobras foram pesadas e retiradas 10% do seu peso, acondicionadas em sacos plásticos, armazenadas em câmara fria para futuras análises.

As sobras da mistura glicerina mais água foram mensuradas em provetas de vidro de 2 litros, registrando-se peso e volume das mesmas. Uma alíquota de 20% de cada sobra foi retirada e armazenada em potes plásticos, identificadas e condicionadas em temperatura de -20°C.

A coleta total de fezes também foi diária. Para tal era feita a limpeza das gaiolas com vassouras, retirando o máximo de fezes possível do ambiente onde se localizavam as gaiolas. A produção total teve o peso registrado e fez-se a reserva de uma alíquota de 20 % deste peso que foi embalada em sacos plásticos individuais, identificada e armazenada a -20 °C.

Para a coleta de urina foi adicionado aos baldes, diariamente, 100 mL de ácido clorídrico (HCl 2N), evitando-se assim perdas de nitrogênio por volatilização. O volume total de urina foi medido em proveta de vidro graduada e foi pesado retirando-se para cada cordeiro uma alíquota de 20 % do volume total colhido a cada dia, acondicionada em vasilhames plásticos com capacidade para 2 L devidamente identificados e imediatamente armazenadas a -20 °C.

No final do ensaio foram feitas amostras compostas das sobras de alimento, de mistura glicerina e água, fezes e urina coletadas por animal, sendo estas identificadas, devidamente acondicionadas em sacos ou potes plásticos, e armazenadas em câmara fria a -20°C.

As amostras de ração, sobras e fezes foram descongeladas à temperatura ambiente acondicionadas em bandejas de alumínio e levadas à estufa de ventilação forçada (55 a 60 °C) por 72 horas, para a determinação da matéria pré-seca. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de 1 mm e estocadas para futuras análises.

2.6- Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG. Para as determinações de matéria seca, cinzas, extrato etéreo, proteína bruta, do material analisado seguiu-se a metodologia proposta por AOAC, (1995). Já para a quantificação da FDN, FDA, utilizou-se a metodologia proposta por Van Soest et al. (1991). Para estimativa dos carboidratos totais (CHT) usou-se a equação proposta por Sniffen et al. (1992), segundo a qual $CHT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e, para estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF), foi usada a equação preconizada por Hall et al. (1999), qual seja, $CNF = \%CHT - \%FDNC_{cp}$, sendo FDN_{cp} a porção de FDN corrigida para cinza e proteína. Para o cálculo dos nutrientes digestíveis totais no ensaio de digestibilidade (NDT), utilizou-se equação proposta por Weiss (1999): $NDT = [PBD + CNFD + FDN_{cp}D + (EED \times 2,25)]$, onde PBD; CNFD; $FDN_{cp}D$ e EED significam, respectivamente, consumos de PB, CNF, FDN e EE digestíveis, com a FDN corrigida para cinza e proteína.

O cálculo do consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, e energia bruta foi feito a partir da seguinte fórmula: (oferecido total do nutriente em MS – sobra total do nutriente em MS). A determinação dos coeficientes de digestibilidade de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, e energia bruta foi feita a partir da seguinte fórmula: $[(\text{Consumo do nutriente em gramas} - \text{quantidade em gramas do nutriente nas fezes}) / \text{Consumo do nutriente em gramas}] / 100$ (Silva e Leão, 1979).

A energia bruta (EB) da ração oferecida, da glicerina oferecida, das fezes e urina foi obtida em calorímetro adiabático tipo modelo PARR 1281. Para análise da urina, colocou-se 10 mL de urina em copos plásticos que foram levados à estufa de ventilação forçada (55 a 60 °C) por 72 horas, para a pré-secagem e em seguida levados a bomba calorimétrica para permitir a sua combustão. Anteriormente fez-se a queima de três copos plásticos vazios para referência da produção de calor dos copos individualmente, servindo de branco. Utilizando-se a técnica direta de determinação de energia com bomba calorimétrica, calculou-se o valor da energia digestível e energia metabolizável.

A energia digestível foi calculada pela diferença da energia bruta da ração oferecida menos a energia bruta das sobras e das fezes. Para o cálculo da energia metabolizável utilizou-se a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965), onde a produção de metano foi estimada pela equação: $C_m = 3,03 + 0,074D$, onde C_m = produção de metano em Kcal/100 Kcal de energia consumida e D = digestibilidade aparente da energia bruta do

alimento. A energia metabolizável foi então estimada pela diferença entre energia digestível menos energia da urina, menos produção estimada de metano.

Foram também calculados o balanço de nitrogênio, segundo a fórmula: $[N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} + N \text{ urinário})]$, nitrogênio ingerido ($N \text{ fornecido} - N \text{ das sobras}$) e nitrogênio retido $[(\text{balanço nitrogenado}/\text{consumo de N}) \times 100]$. O balanço hídrico foi determinado pela seguinte fórmula: (água fornecida – água perdida nas fezes e urina).

2.7- Análise estatística

Nas provas em que se avaliaram consumo e digestibilidade aparente, bem como nos balanços de nitrogênio e energia empregou-se delineamento inteiramente casualizado. Empregaram-se cinco animais por tratamento de forma que o ensaio contou com vinte e cinco animais que foram distribuídos de forma aleatória nos tratamentos. O modelo matemático ficou assim constituído:

$$Y_{ij} = \mu + H_j + e_{ij}$$

onde,

Y_{ij} = valor referente à observação da repetição i do tratamento j

μ = média geral

H_j = efeito do tratamento j (j = 1, 2, 3, 4, 5)

e_{ij} = erro aleatório associado à observação

As médias foram comparadas utilizando-se o Teste SNK, em nível de 5% de probabilidade. A análise de regressão foi realizada utilizando-se o *software* SAEG (SAEG, 2007) para permitir a estimativa dos consumos e coeficientes de digestibilidade em das diferentes inclusões, compreendidos no intervalo estudado. Foram testados diferentes modelos matemáticos, a partir do procedimento Modelos Pré-definidos usando o procedimento de MARQUAT do SAEG 9.1, para escolha daquele que apresentasse maior significância e maiores coeficientes de regressão. Para a escolha do modelo matemático também foi observado se o mesmo ajustava-se à resposta biológica. Também foi realizada análise de correlação entre as variáveis pelo método de Pearson.

3-Resultados e Discussão

O consumo de matéria seca não foi alterado ($P<0,05$) com os diferentes teores da glicerina (Tabela 15).

Tabela 15. Médias de consumo diário em valores absolutos (g/dia) ou em razão da unidade de tamanho metabólico ($\text{g/kg}^{0,75}$) das frações matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA), carboidratos totais (CCHT), carboidratos não fibrosos (CCNF), nutrientes digestíveis total (CNDT) das dietas contendo quantidades crescentes de subproduto fornecidas a ovinos em função dos diferentes teores de inclusão de glicerina

Inclusões	0%	3%	6%	9%	12%	CV
Consumo em gramas/animal/dia						
CMS	990,8	988,3	1117,0	1145,6	1086,7	12,5
CPB	194,8	181,7	189,4	213,5	182,7	12,2
CEE	57,8	63,8	65,3	70,6	67,7	13,7
CFDN	342,5	345,8	364,1	381,9	407,9	19,3
CFDA	92,2	101,4	103,6	107,3	121,5	31,9
CMM	48,7 ^b	67,2 ^a	73,5 ^a	68,7 ^a	67,4 ^a	11,7
CMO	942,1	921,0	1044,2	1076,9	1019,2	12,6
CCHT	692,2	664,9	781,7	784,1	750,7	13,1
CCNF	349,6	319,2	417,7	402,2	342,8	15,3
CNDT	1017,2	988,5	1118,4	1155,3	1085,9	12,6
Consumo em unidade de peso metabólico						
CMS	82,1	75,1	89,4	81,6	79,8	10,9
CPB	16,2 ^a	13,8 ^{ab}	15,1 ^{ab}	15,1 ^{ab}	13,4 ^b	10,7
CEE	4,8	4,8	5,2	4,9	4,9	14,3
CFDN	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	0
CFDA	7,5	7,7	8,3	7,7	8,8	33,4
CMM	4,0 ^c	5,0 ^b	5,8 ^a	4,8 ^b	4,9 ^b	9,72
CMO	78,1	70,0	83,6	76,7	74,8	11,0
CCHT	57,4	50,6	62,6	55,9	55,1	12,0
CCNF	29,1 ^{ab}	24,3 ^b	33,1 ^a	28,5 ^{ab}	25,2 ^{ab}	13,4
CNDT	84,4	75,3	89,5	82,3	79,7	11,6

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste SNK ($P>0,05$).

(CV)- coeficiente de variação em %

Avaliando os consumos absolutos da MS e nutrientes, nota-se que a inclusão de glicerina alterou apenas a ingestão de matéria mineral (MM), sendo menor na ausência de glicerina nas rações. O consumo de MS em g/animal/dia e relativo ao peso metabólico não sofreu influência das diferentes inclusões de glicerina na MS. A matéria seca da glicerina utilizada neste estudo foi de 70,09%, e apesar de ser ter alta matéria seca não foi capaz de contribuir para alterar o CMS. Isso se deveu talvez à mistura que aconteceu da glicerina na água. Mach et al. (2008) trabalhando com níveis de 0, 4, 8 e

12% da MS de glicerina na dieta de touros não encontraram diferenças para consumo de matéria seca. Outros trabalhos com resultados semelhantes a este, com vacas leiteiras e dietas a base de forragem (DeFrain et al., 2004; Chung et al., 2007) também não relataram alterações no consumo de MS. Tal fato além de confirmar os resultados aqui obtidos serve para evidenciar que o emprego desse derivado do biodiesel pode ser feito em rações de ruminantes sem alterar-lhes o consumo de matéria seca. No entanto, destaca-se que Gunn et al. (2010) utilizando glicerina nos teores de 0; 5; 10; 15 e 20% de inclusão na matéria seca para borregos observaram que quando comparado com os animais controle, a ingestão de matéria seca dos animais alimentados com 5; 10; 15 e 20% de glicerina apresentou aumento linear de 0,18; 0,21; 0,24 e 0,40 kg/dia, respectivamente. Dados relatados por Musselman et al. (2008) também demonstram não ter havido diferenças na ingestão de matéria seca para borregos em terminação alimentados com mais de 15% de glicerina na matéria seca da dieta. Diferentemente, Parsons et al. (2009) relataram um comportamento linear decrescente para o consumo de matéria seca quando a glicerina foi adicionada em mais de 2% à dieta de bovinos em terminação.

O consumo de proteína bruta relativo ao peso metabólico foi maior para os animais que não tiveram inclusão de glicerina na ração, comparado àquela que possuía inclusão máxima da mesma (16,2 vs 13,4 g/kg^{0,75}), isso pode ser explicado por um processo de seleção pelo animal que foi determinado pelo aumento da glicerina na matéria seca da dieta.

O consumo de matéria mineral tanto em valores absolutos quanto em valores relativos foi afetado pela inclusão de glicerina na dieta. A glicerina como um subproduto pode apresentar muitas impurezas devido ao processamento da matéria prima. Como se utiliza hidróxido e sódio e potássio no processo de manufatura deste produto, não é difícil se encontrar alta concentração de minerais no produto final. A análise da glicerina usada nesse estudo demonstrou que esta possui alta concentração de cinzas em sua composição, além de extrato etéreo na ordem de 19,21%, o qual poderia complexar-se ao potássio e sódio, por exemplo, formando sabões, isso explicaria apenas a comparação entre controle e presença da glicerina, visto que as oscilações entre as rações com glicerina carecem de justificativa plausível. Tyson et al. (2004) sugeriram que o problema fundamental com glicerina de biodiesel é o conteúdo sal e impurezas que são introduzidas usando fontes de óleo reciclados e sais usados na transesterificação. Doppenberg e Van Der Aar (2007) notaram que o uso de hidróxido de sódio como catalisador para hidrólise pode ser combinado com ácido clorídrico, aumentando o conteúdo de cloreto de sódio da glicerina para pouco mais de 6% e assim restringindo a quantia de glicerina que poderia ser incluída na dieta.

O consumo de carboidratos não fibrosos foi maior para os borregos do tratamento 6% de inclusão de glicerina em relação aqueles ingerindo 3%, visto que os demais se equivaleram, entre si e com esses outros dois teores de inclusão às rações. O consumo de CNF está relacionado ao consumo de CHT, pois o cálculo do primeiro considera a concentração do segundo. Porém, o consumo de carboidratos totais foi semelhante entre

os tratamentos. Resta então considerar que alguma diferença relacionada ao consumo de FDN esteja influenciando o consumo de CNF. Mas, como também é possível observar na tabela 15 não houve diferenças no consumo de FDN, além disso, a glicerina é um produto isento de FDN em sua composição. Assim, essa diferença entre 3 e 6% de incorporação de glicerina às rações dos borregos carece de explicação.

Tabela 16. Equações de regressão dos consumos dos nutrientes em borregos alimentados dos diferentes teores de inclusão de glicerina

Variáveis	Equações de Regressão	R ²
	gramas/animal/dia	
CEE	$Y = 59,1 + 0,92X$	16,4
CMM	$Y = 49,7 + 6,2X - 0,40X^2$	57,7
	consumo em peso metabólico	
CPB	$Y = 16,1 - 1,47X + 0,30X^2 - 1,7X^3$	23,9
CMM	$Y = 4,09 + 0,41X - 3,0X^2$	48,3

Consumo proteína bruta (CPB), consumo extrato etéreo (CEE), consumo matéria mineral (CMM)
(R²) - coeficiente de determinação %

O consumo de extrato etéreo em g/dia respondeu de forma linear crescente, com a inclusão da glicerina. A alteração na proporção dos ingredientes nas dietas, com o aumento na inclusão de glicerina bruta e com a redução da proporção do milho, resultou em quantidades crescentes de ingestão de EE visto que a glicerina utilizada no presente trabalho apresentou em sua composição 19,21% de EE. Considerando que o valor médio de EE do milho é de 3,97% (Valadares Filho, 2000), a substituição do milho pela glicerina provocou maior participação desse nutriente nas dietas, consequentemente, favorecendo a ingestão de EE vindos da glicerina. Lage et al. (2010) verificaram que, com a inclusão de até 10,81% de glicerina bruta à dieta, o consumo de EE sofreu elevação. De acordo com os autores, tal elevação se deu pelo fato de a glicerina bruta utilizada ser de baixa qualidade e conter 46,48% de ácidos graxos, indicando que a reação de transesterificação, na qual os ácidos graxos são separados do glicerol, foi incompleta e grande quantidade de ácidos graxos ficou contida na glicerina bruta.

Tabela 17. Coeficientes de digestibilidade e teor de NDT (em porcentagem) dos nutrientes em borregos alimentados dos diferentes teores de inclusão de glicerina

Inclusões	Digestibilidade (%)					CV
	0%	3%	6%	9%	12%	
DMS	65	65	57	68	61	14,8
DPB	74	72	62	73	67	11,6
DEE	60	60	51	65	61	27,4
DFDN	53	51	42	58	52	22,9
DCHT	67	64	60	69	62	14,6
DCNF	79	79	74	80	73	9,5
DMO	68	65	60	70	64	13,5
NDT	67	65	59	69	62	14,9

Digestibilidade matéria seca (DMS), digestibilidade proteína bruta (DPB), digestibilidade extrato etéreo (DEE), digestibilidade fibra em detergente neutro (DFND), digestibilidade fibra em detergente ácido (DFDA), digestibilidade carboidratos totais (DCHT), digestibilidade carboidratos não fibrosos (DCNF), digestibilidade da matéria orgânica (DMO), nutrientes digestíveis totais (NDT), (CV)- coeficiente de variação em %

A inclusão de glicerina na dieta dos borregos não influenciou ($P>0,05$) nenhum dos coeficientes de digestibilidade avaliados, de forma coerente, verifica-se que a matéria orgânica, como também os teores de NDT não foram afetados. Quanto a esse último, apesar de diferentes maneiras de se calcular, é sabido que o mesmo possui elevada correlação com a digestibilidade da matéria orgânica. Roger et al. (1992) demonstraram que a introdução de glicerina no ambiente ruminal reduziu a atividade das bactérias celulolíticas do rúmen, e Paggi et al. (2004) observaram que a digestibilidade de alguns substratos da dieta pode ser inibida com a inclusão de glicerina no ambiente *in vitro*. No entanto, mais recentemente, Krehbiel (2008) publicou que os micro-organismos ruminais se adaptam rapidamente à ingestão de glicerina pelo animal porque elevada taxa de desaparecimento da mesma foi observada com aumento nos dias de alimentação com glicerina. Schröder e Südekum (1999) trabalhando com touros em uma dieta com relação volumoso:concentrado:glicerina de 40:50:10, possuindo a glicerina três graus de pureza, baixa, média e alta não registraram diferenças para as digestibilidades da matéria orgânica, do FDN, FDA e amido. Faria (2011) estudou o efeito da inclusão de diferentes teores (2,8; 6,1 e 9,0%) de glicerina sobre a digestibilidade aparente em novilhas suplementadas em pastagem e também não registrou efeitos ($P>0,05$) da glicerina sobre os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos não fibrosos e carboidratos totais. Isso exposto fica claro que os dados aqui obtidos podem ser reforçados ao compará-los com os achados dos três últimos trabalhos.

Tabela 18. Consumos de Energia Bruta em Kcal/d (CEB), Digestível em Kcal/d (CED) e Metabolizável em Kcal/d (CEM); Digestibilidade da Energia Bruta (DEB) em %, Balanço Energético (BENERG), Energia Urinária (EBU), em função dos diferentes teores de inclusão da glicerina

Consumo e Digestibilidade da Energia						
Inclusões	0%	3%	6%	9%	12%	CV
CEB*	4054,4	3978,0	4459,5	4668,7	4065,8	12,4
CED*	2918,3	2564,2	2925,9	3041,2	2554,1	16,7
CEM*	2848,8	2486,3	2779,5	2975	2466,4	16,4
DEB %	72	64	65	64	63	9,54
BENER*	2851,9	2489,4	2782,6	2978,1	2469,5	16,4
EBU*	66,3	74,8	143,2	63,0	84,5	65,2

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK ($P>0,05$) CV-coeficiente de variação em %;

Não houve diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos para o consumo da energia bruta, consumo de energia digestível, metabolizável por quilo de matéria seca ingerida. Como visou-se trabalhar com rações o mais isoenergéticas possível, avaliando-se o grau de inclusão de glicerina às mesmas, tal aspecto é altamente positivo, indicando tratar-se de alimento capaz de substituir outros ingredientes. A energia, que é a capacidade de realizar trabalho (Kleiber, 1975), é essencial para que todos os processos vitais se realizem, e sua deficiência pode reduzir o crescimento, causar falhas na reprodução e perda de reservas corporais, reduzindo a produtividade do animal. Schröder e Südekum (1999) citaram valores de energia para glicerina estimados entre 1,98 a 2,26 Mcal/kg sendo este valor reduzido para dietas com alto conteúdo de milho. Segundo Donkin (2008) o valor de energia do glicerol é aproximadamente igual ao da energia contida no milho. No entanto, estimativas de energia do glicerol, quando este substitui o milho na ração, é reduzido se a dieta já contém alta proporção de milho (55% da MS da dieta) (Schröder e Südekum, 1999). Nas dietas deste ensaio a quantidade de milho no concentrado não ultrapassa 30% da MS da dieta, assim sendo, é possível que a quantidade de energia da glicerina tenha sido semelhante ou bem próxima à fornecida pelo milho, não interferindo com o consumo de energia à medida que se adicionava glicerina à dieta. Deve ser ressaltado que a substituição da glicerina pelo milho no presente ensaio foi parcial, substituições totais da glicerina podem interferir na produção animal, exatamente pelo fato do metabolismo ruminal da glicerina resultar em propionato (Jonhs et al. 1953). Estudos mais recentes têm demonstrado que a fermentação de glicerol também é capaz de aumentar a proporção de butirato e reduzir a proporção de acetato no fluido ruminal (Potu et al. 2009). Também Wang et al. (2009) suplementando touros com teores crescentes de glicerol (0; 0,1; 0,2 e 0,3% de glicerol) e avaliando a fermentação ruminal observaram alteração no padrão de fermentação com redução da relação acetato:propionato, pelo aumento molar de propionato, em doses crescentes de glicerol. No presente ensaio não houve avaliação de parâmetros ruminais para que se possa dissertar mais sobre este aspecto da glicerina no rúmen.

O balanço energético não apresentou diferença entre as rações, sendo positivos em todos os teores de inclusão de subproduto. Não houve efeito das inclusões de glicerina sobre a digestibilidade da energia bruta. Donkin et al. (2009) estudando a substituição do milho pelo glicerol em 0; 5; 10 e 15% para vacas Holandesas não observaram aumento na ingestão de energia bruta pelos animais. No entanto, a digestibilidade da energia bruta obteve comportamento quadrático com os teores crescentes de glicerina na dieta.

Houve diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre os tratamentos para o nitrogênio urinário (NU), nitrogênio retido (NR) e balanço nitrogenado (BN) (Tabela 19).

Tabela 19. Consumos de nitrogênio (CN) g/animal/dia, balanço nitrogenado (BN), nitrogênio fecal g/animal/dia (NF) e nitrogênio urinário (NU) e nitrogênio retido (NR) em porcentagem em função do nível de inclusão de glicerina

Variáveis	Rações experimentais					CV
	0%	3%	6%	9%	12%	
CN	31,1	29	30,3	34,1	29,2	12,2
BN	16,8 ^a	14,7 ^{ab}	8,93 ^b	20,5 ^a	8,74 ^b	31,6
NF	8,06	8,07	10,8	8,94	9,56	28,2
NU	6,23 ^b	6,28 ^b	10,5 ^a	4,71 ^b	10,9 ^a	36,2
NR (%)	54,8 ^a	50,7 ^a	27,2 ^b	59,2 ^a	31,0 ^b	28,7

(CV)- coeficiente de variação em %. Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK ($P < 0,05$)

Apesar de não ter havido diferença para o consumo de nitrogênio entre as inclusões crescentes de glicerina na dieta, os animais com as maiores porcentagens de nitrogênio retido – tratamentos 0; 3 e 9% - também apresentaram menores perdas de nitrogênio pela urina, gerando assim, maiores valores de balanço nitrogenado. Tais diferenças nas perdas urinárias podem indicar que houve falta de melhor sincronismo entre as frações energéticas e nitrogenadas no metabolismo ruminal das rações. A perda de nitrogênio pelas fezes foi semelhante entre os tratamentos, denotando que a perda urinária foi a responsável pelos resultados de balanço nitrogenado, o que reforça o anteriormente exposto.

Balanços nitrogenados e energéticos positivos como no presente ensaio são importantes indicadores para produção e metabolismo animal demonstrando a disponibilidade de energia para a utilização do substrato (nitrogênio), o que se busca a partir daí, é o máximo de seu aproveitamento.

Segundo Bergner et al., (1995) o glicerol tem o potencial de diminuir a captação de nitrogênio pelos micro-organismos ruminais e Paggi et al. (1999) também relataram diminuição da atividade proteolítica no fluido ruminal de bovinos com a adição de glicerol. Wang et al. (2009) relataram um aumento na excreção de derivados de purina na urina de touros suplementados com teores crescentes de glicerol, sugerindo aumento na produção de proteína microbiana.

Tabela 20. Consumo de água em mL (CH₂O), consumo de água em função do consumo de matéria (CH₂O/CMS) em mL/kg de MS ingerida, consumo de água em função do peso vivo (CH₂O/PV) em mL/kg, consumo de água em função do peso metabólico (CH₂O/PM), água da urina em mL(H₂O URINA) e balanço hídrico (BAL.HID) em função dos teores de inclusão de glicerina

Variáveis	Rações experimentais					
	0%	3%	6%	9%	12%	CV(%)
CH ₂ O	2557,8	2077,9	2169,0	2092,9	2870,8	33,2
CH ₂ O/CMS	2,58	2,10	1,92	1,83	2,64	32,2
CH ₂ O/PV	91,6	69,4	73,1	61,7	88,7	33,7
CH ₂ O/PM	209,9	162,1	169,8	148,8	211,3	32,8
H ₂ O URINA	1051,7	895,6	1051,6	566,3	1305,3	42,1
BAL. HD	1506,5	1182,8	1117,3	1526,6	1565,4	39,7

CV = coeficiente de variação (%)

O consumo de água não foi alterado pela adição de glicerina na dieta. A glicerina usada no presente estudo possui MS de 70,09%, adicionando pouca umidade à dieta, e, portanto, interferindo pouco na quantidade de água oferecida ao animal. Seu emprego não estimulou nem limitou o consumo de água, fato que é bem interessante quando se pretende usar um alimento como alternativa de substituição por outros tradicionais na nutrição de ruminantes. A água é de extrema importância para as reações de anabolismo e catabolismo no organismo animal, sendo, portanto, o balanço hídrico positivo um bom indicativo de disponibilidade de água para os sistemas fisiológicos dos borregos.

Teixeira, et al. (1997) relataram que a relação entre o consumo de matéria seca e de água é constante, exceto em casos de mudanças de temperatura ambiente ou outros fatores, como elevado teor de proteína ou sal na dieta, que podem alterar o consumo de água pelos animais, o que não é o caso das dietas, pois, ambas são isonitrogenadas e isoenergéticas, e o ensaio ocorreu em mesmo ambiente, sujeitando os animais às mesmas condições climáticas e ambientais.

4- Conclusões

A inclusão da glicerina em até 12% não afetou consumo e a digestibilidade aparente da matéria seca.

O consumo e digestibilidade das cinzas foram alterados pela inclusão da glicerina, assim como o consumo de extrato etéreo que foi crescente.

Os balanços nitrogenado, energético e hídrico foram positivos com o aumento da glicerina na dieta.

A glicerina pode ser adicionada em até 12% sem afetar negativamente o consumo e digestibilidade dos nutrientes.

5- Referências Bibliográficas

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis* (red.). Washington DC: AOAC, 1995. 1015p.
- BERGNER, H.; KIJORA, C.; CERESNAKOVA, Z. et al. In vitro studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. *Archiv für Tierernährung*, v.48, p.245-256, 1995.
- BLAXTER, K. L., CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.*, v.19, p.511-522, 1965.
- CHUNG, Y. H.; RICO, D. E.; MARTINEZ, C. M.; et al. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactation performance and metabolic profiles. *J. Dairy Sci*, v. 90, p. 5682- 5891, 2007.
- DeFRAIN, J. M.; HIPPEN, A. R.; KALSCHEUR, K. F.; et al. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.*, v. 87, p. 4195-4206, 2004.
- DONKIN, S.S. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.280-286, 2008.
- DONKIN, S.S.; KOSER, S.L.; WHITE, H.M. et al. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*, v.92, p.5111-5119, 2009.
- DOPPENBERG, J. ; VAN DER AAR, P. The nutritional value of biodiesel by-products (Part2: Glycerin). *Feed Bus. Asia*, p.42- 43, 2007.
- FARIA, M. S. *Níveis de glicerina para novilhas mestiças criadas a pasto: desempenho animal e comportamento ingestivo*. Dissertação (mestrado) – 2011. 64f. Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Production Yearbook*. Roma, v.48, p.164-165. (FAO Statistics, 125). 2007.
- GUNN, P.J.; NEARY, M.K.; LEMENAGER, R.P.; et al. Effects of crude glycerin on performances and carcass characteristics of finishing wether lambs. *J. Anim. Sci.*, v.88, p.1771-1776, 2010.
- HALL, M.B. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis. Florida /US: University of Florida, 2000 (Bulletin 339).

JOHNS, A.T. Fermentation of glycerol in the rumen of sheep. *New Zeal. J. Dairy Sci. Tech.* v.35, p.262-269, 1953.

KLEIBER, M. Metabolic turnover rate: a physiological meaning of the metabolic rate per unit body weight. *J. Theor. Biol.*, v. 53, p.199-204, 1975.

KREHBIEL, C. R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. *J. Anim. Sci.*, v. 86, Supplement, p. 392, 2008.

LAGE, J. F. *Glicerina bruta oriunda da agroindústria do biodiesel na alimentação de borregos em terminação*. 2009. 32f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LAGE, J. F.; PAULINO, P. V. R.; PEREIRA, L. G. R. ET al. Glicerina bruta na dieta de borregos terminados em confinamento. *Pesq. Agro. Bras.*, Brasília, v. 45, n. 9, p. 1012-1020, 2010.

LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; RENNO, L.N. et al. Consumos e digestibilidades totais e parciais de carboidratos totais, fibra em detergente neutro e carboidratos não-fibrosos em novilhos submetidos a três níveis de ingestão e duas metodologias de coleta de digestas abomasal e omasal. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.670-678, 2005.

MACH, N.; BACH, A.; DEVANT, M. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.*, v. 87, p. 632-638, 2009.

MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. *Anais...* Lavras: SBZ-ESAL, 1992. P. 188.

MUSSELMAN, A. F.; VAN EMON, M. L.; GUNN, P. J.; et al. Effects of crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics of market lambs. Western Section, American Society of Animal Sciences. *Proceedings...* [s.n.]. 2008. p. 353-355.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirement of small ruminants*. 6. Ed. Washington, D. C.: The National Academy of Sciences, 2007, 362p.

NUNES, I.J. *Nutrição Animal Básica*. 2.Ed. Belo Horizonte. FCP-MVZ ED. 1998.

PAGGI, R. A; FAY, J. P; FERNANDEZ, H. M. Effect of short-chain acids and glycerol on the proteolytic activity of rumen fluid. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.78, 341-347, 1999.

PAGGI, R.A., FAY, J.P., FAVERIN, C. In vitro ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. *J. Agric. Sci.* 142, 89–96, 2004.

PARSONS, G.L.; SHELOR, M.K.; DROUILLARD, J.S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *J. Anim. Sci.*, v.87, p.653- 657, 2009.

POTU, R. B.; ABUGHAZALEH, A. A.; HASTINGS, D. et al. The effects of feeding glycerol on rumen fermentation and bacteria. *J. Dairy Sci.*; v. 92, p.89, 2009. Abstract.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa:UFV, 2001. 301p.

ROGER, V.; FONTY, G.; ANDRE, C. et al. Effects of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Curr. Microbiol.*, v.25, p.197-201, 1992.

SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV – Viçosa, 2007.

SANTINI, F. J.; LUS, C. D.; POTCHOIBA, M. J.; et al. Dietary fiber and milk yield, mastication, ingestion, and rate of passage in goats fed alfafa hay. *J. Dairy Sci.*; v. 75, p. 209–219, 1992.

SCHRODER, A.; SUDEKUM, K.H. **Glycerol as a by-product of biodiesel production in Diets for ruminants**. Kiel: University of Kiel, 2007. Disponível em: <<http://regional.org.au/au/gcirc/1/241.htm>> Acesso em: 15 jan. 2013.

SILVA, J.F.C. e LEÃO, M.I. *Fundamentos da nutrição de ruminantes*. Piracicaba, Livroceres, 1979. 380p.

SNIFFEN, C.J., O’CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p. 3562- 3577, 1992.

TEIXEIRA, J.C. *Digestibilidade em ruminantes* Lavras :UFLA-FAEPE,1997.p.111-113

TYSON, K.S.; BOZELL, J.; WALLACE, R. et al. [2004]. Biomass oil analysis: research needs and recommendations. **Technical Report National Renewable Energy Laboratory Golden, Colorado, USA**. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34796.pdf>>. Acessado em: 10 jan 2013.

VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. *Anais...*Viçosa: SBZ, 2000.

VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. et al. CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos. Disponível em www.ufv.br/cqbal. Acessado em: 18 jan 2013.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polyssacarides in relation to animal nutrition. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polyssacarides in relation to animal nutrition. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.3583-3597, 1994.

WANG, C.; LIU, Q.; HUO, W.J; et al. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Livest. Sci.*, v. 121, p.15–20, 2009.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1999. P.176-185.

Capítulo V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os subprodutos do processamento industrial do leite e do biodiesel podem ser utilizados em dietas para ovinos. A inclusão destes na alimentação de ovinos depende de fatores econômicos e da disponibilidade do produto em cada região e representam um ganho ambiental.

Faz-se necessário também que seja estabelecido um padrão de qualidade dos subprodutos, devido à diversidade de processos de obtenção tanto do biodiesel quanto os tipos de soro que dependem muito do tipo de queijo produzido.

Observou-se grande variação nos consumos de extrato etéreo e minerais no caso da glicerina. A glicerina de biodiesel tem características interessantes como alta energia disponível, sabor adocicado e disponibilidade.

O soro possui a lactose e proteínas de alto valor biológico que podem ser interessantes fontes de aminoácidos disponíveis no pós-rúmen.