

Manejo nutricional de ovelhas gestantes e lactantes com ênfase em carboidratos fibrosos e não fibrosos

Fernanda Lavínia Moura Silva¹, Daniel Montanher Polizel², Ana Paula Alves Freire³,
Ivanete Susin⁴

¹Doutorando da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Universidade de São Paulo – USP. E-mail: fernandalmsilva@hotmail.com.

²Doutorando da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo – USP. E-mail: danielpolizel@zootecnista.com.br

³Doutorando da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP. E-mail: zootecpaula@gmail.com

⁴Professora Associada da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Universidade de São Paulo – USP. E-mail: ivasusin@usp.br

Resumo

Em ovinos, alimentos que geram produtos metabólicos responsáveis por auxiliar no desempenho produtivo, são obtidos na maior parte com o uso de dietas energéticas provenientes da fermentação dos carboidratos. Rações a base de carboidrato não fibroso (CNF), com altos teores de amido, promovem aumento do propionato, elevando a produção de glicose e a liberação de insulina, sendo estes favoráveis ao desenvolvimento do feto no terço médio e final da gestação. Entretanto, estudos recentes propõem que dietas contendo menos CNF possibilitam maior consumo de matéria seca (CMS) pelo animal, podendo promover maior aporte nutricional ao feto, quando fornecidas a fêmeas gestantes. Adicionalmente, a substituição de CNF por carboidrato fibroso (CF) na dieta de ruminantes promove aumento do acetato, favorecendo a produção de leite e a persistência da lactação em ovelhas lactantes. Este conhecimento é essencial para maximizar a eficácia do manejo nutricional no desempenho de ovelhas gestantes sobre o desenvolvimento das crias, na tentativa de gerar cordeiros mais desenvolvidos e com melhor qualidade de carcaça, assim como na partição dos nutrientes voltada à produção de leite.

Palavras-chave: Carboidrato; Fibra; Gestação; Cordeiros; Lactação

Abstract

Nutritional management in pregnant and lactating ewes with emphasis on fibrous and non-fibrous carbohydrates. In sheep, foods that generate metabolic products responsible for assisting in the production performance are obtained mostly using energy diets from the fermentation of carbohydrates. Feedstuffs based of non- fiber carbohydrate (NFC), with high starch content, determine increased propionate, promoting glucose production and insulin release, which are favorable to the development of the fetus in the middle and last trimester of gestation. However, recent studies suggest that diets containing less NFC enable greater dry matter intake (DMI) by the animal, may increase nutritional supply to the fetus when given to pregnant animals. Additionally, replacing NFC by fiber carbohydrate (FC) in the diet of ruminants promotes greater acetate, increasing milk production and persistency of lactation in lactating ewes. This knowledge is essential to maximize the effectiveness of nutritional management on the performance of pregnant ewes through improved offspring development and carcass quality, as well as the partitioning of nutrients towards higher ewe's milk production.

Keywords: Carbohydrate; Fiber; Pregnancy; Lambs; Lactation

Introdução

A espécie ovina é amplamente distribuídas em todo o mundo, tendo capacidade de adaptação ao clima de diversas regiões. Devido a esta fácil adaptação, a procura para utilização dos produtos e subprodutos dessa

espécie vêm aumentando, e conseqüentemente requerendo melhorias no desempenho dos rebanhos (Combellas 1980). Dentre vários fatores que afetam o desempenho dos ruminantes, como características genéticas e

ambientais, o manejo nutricional é considerado um dos principais pontos (Alves et al. 2003; Silveira et al. 2004). Logo, o conhecimento dos alimentos torna-se fundamental para que os mesmos possam ser bem empregados na dieta destes animais.

O alimento dos ruminantes é composto por uma grande variedade de nutrientes, tais como carboidratos, proteínas, lipídeos, minerais, e água (Sniffen et al. 1992). Em ovinos, alimentos que geram produtos metabólicos responsáveis por auxiliar no desempenho produtivo, sendo destinados à síntese de carne, leite e lã, são obtidos na maior parte com o uso de dietas energéticas provenientes da fermentação dos carboidratos (Faturi et al. 2006). Estas dietas são consideradas energéticas, pois é através da fermentação dos carboidratos que os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), acetato, propionato e butirato, são produzidos, sendo eles responsáveis pela principal fonte de energia dos ruminantes (Pitt et al. 1996).

O perfil dos produtos da fermentação dos carboidratos dependem da fonte, da concentração, e da taxa de degradação dos mesmos. Relacionados a taxa de degradação, os carboidratos são classificados em: fração A de alta degradabilidade (açúcares); fração B1 degradação intermediária (amido e pectina); Fração B2 degradação lenta (hemicelulose e celulose - fibra disponível); e fração C não degradável (fibra indisponível) (Sniffen et al. 1992). Entretanto, a partição dos carboidratos em fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF), fornece um melhor meio de separar os alimentos em frações que tem propriedades nutricionais distintas. Fibra pode ser definida nutricionalmente como uma fração do alimento com baixa digestibilidade ou indigestível, que ocupa espaço no trato gastrointestinal do animais. Por sua vez, os CNFs se degradam mais rapidamente e contribuem com pouco volume adicional no ambiente líquido do sistema digestivo (Mertens 1997).

Os CFs são responsáveis pela maior produção de acetato no rúmen (Hsu et al. 1987), por sua vez os CNFs, contendo altos teores de amido, são responsáveis pela maior produção ruminal de propionato (Knowlton et al. 1998). Isto deve-se ao fato de que alimentos contendo altos teores de fibra disponível estimulam o crescimento de bactérias produtoras de acetato, e assim a proporção molar do acetato:propionato:butirato encontra-se em

torno de 70:20:10, enquanto os alimentos ricos em amido favorecem o crescimento de bactérias produtoras de propionato, diminuindo a relação acetato:propionato, embora mesmo nesta situação o acetato seja o AGCC mais produzido (Dijkstra et al. 2005).

Segundo Broderick et al. (2002), diferentes proporções na produção de acetato, propionato, butirato, e na relação acetato:propionato, podem afetar o desempenho animal, devido ao fato de cada AGCC se direcionar a funções distintas no organismo animal. O acetato, absorvido pelo epitélio ruminal segue predominantemente pela corrente sanguínea até o tecido adiposo para a síntese de lipídeos (lipogênese), podendo ocorrer esta síntese, em pequenas proporções, no fígado. Ele também pode participar do processo de oxidação no fígado (Hanson; Ballard 1967). O propionato, quando absorvido pela parede ruminal, segue via sistema porta hepático até o fígado, para síntese de glicose (gliconeogênese) (Leng et al. 1967). Por sua vez, o butirato é parcialmente metabolizado pelo epitélio do rúmen para a síntese de corpos cetônicos (acetoacetato, β -hidroxi butirato e acetona), podendo ser oxidado em menores proporções a corpos cetônicos no fígado (Pennington 1952). O butirato, assim como o acetato, é precursor da lipogênese nos ruminantes (Hanson; Ballard 1967).

Radunz et al. (2011a), sugeriram que rações a base de CNF, com altos teores de amido, promovem aumento do propionato (nutriente gliconeogênico), elevando a produção de glicose e liberação de insulina, sendo estes favoráveis ao desenvolvimento do feto no terço médio e final da gestação. No entanto, alguns autores relatam que dietas contendo menos CNF possibilitam maior consumo de matéria seca (CMS) pelo animal (Zenou; Miron 2005; Allen et al. 2009), podendo promover maior aporte nutricional ao feto para seu desenvolvimento. Quando relacionados à lactação, alimentos contendo menos CNF favorecem a produção de acetato no rúmen (nutriente lipogênico), beneficiando a produção de leite e da gordura do leite, assim como a persistência da lactação (Bovera et al. 2004; Zenou; Miron 2005; Cannas et al., 2013).

Dentre os alimentos ricos em CNF e CF utilizados na nutrição de ruminantes, estão presentes o milho e a casca de soja, respectivamente. O milho é considerado um dos principais alimentos amiláceos, constituído por 75% de CNF, dentre os quais 91% do CNF é

amido. Por outro lado, a casca de soja, tegumento do grão de soja separado do embrião na indústria, caracteriza-se por ser um alimento rico em fibra degradável, composto por 20% de CNF, e 63% de FDN, sendo apenas 3% do FDN insolúvel. Apesar de diferentes em sua degradabilidade e em seus produtos finais, o milho e a casca de soja são alimentos energéticos (Valadares Filho et al. 2014).

Manejo nutricional materno sobre as crias

Ao longo da gestação, a nutrição materna desempenha papel crucial no crescimento fetal, podendo ter impacto a longo prazo sobre o desenvolvimento da prole, muitas vezes levando a mudanças permanentes (Bielli et al. 2002). A nutrição pode alterar os padrões endócrinos e metabólicos de ovelhas durante a gestação. Estas alterações podem influenciar no transporte de nutrientes para a placenta e consequentemente no desenvolvimento do feto (Vonnahme et al. 2013). O crescimento do conceito é sensível aos efeitos diretos e indiretos da ingestão materna desde os primeiros estágios embrionários à vida pós-natal, com crias de mães subnutridas exibindo crescimento deficiente, problemas reprodutivos, e desenvolvendo doenças importantes na vida adulta (Funston et al. 2010).

Na fase inicial da gestação, alterações na alimentação materna podem influenciar na organogênese do conceito, podendo comprometer o desenvolvimento e funcionamento dos órgãos do mesmo. No feto bovino de algumas raças, o batimento cardíaco é aparente nos primeiros 21 e 22 dias de gestação, o desenvolvimento dos membros aos 25 dias, seguidos pelo desenvolvimento sequencial de outros órgãos, incluindo pâncreas, fígado, glândulas supra-renais, pulmões, tireóide, baço, cérebro, timo, e rins. Aos 45 dias, os testículos de bezerras machos serão desenvolvidos, enquanto em fêmeas, o desenvolvimento dos ovários ocorre nos 50 a 60 dias de gestação (Funston et al. 2010).

Borwick et al. (1997), ao examinarem ovários de fetos ovinos, colhidos nos dias 47 e 62 de gestação, observaram que a subnutrição materna durante as primeiras semanas de gestação retardaram significativamente o desenvolvimento dos ovários dos fetos. Por outro lado, Kotsampasia et al. (2009), encontraram alterações comprometendo o

desenvolvimento de órgãos ao analisar testículos de cordeiros com 10 meses de idade, nascidos de ovelhas subnutridas entre os dias 31 ao 100 da gestação, observando reduzido número médio de células de Sertoli acompanhado por menor diâmetro dos túbulos seminíferos.

A nutrição materna também pode influenciar o desenvolvimento tecidual do feto, ocorrendo a formação das fibras musculares no terço médio da gestação (Fahey et al. 2005). Segundo Nissen et al. (2003), o crescimento pós-natal do tecido muscular é dependente do número de fibras musculares e da área das fibras formadas durante a gestação, podendo ser influenciada pela alimentação materna durante a gestação. Em estudo realizado por Micke et al. (2010), 71 novilhas foram blocadas pelo peso e separadas em arranjo fatorial, subsequentemente submetidas a restrição alimentar energética (RE) ou alta energia na dieta (AE) no terço inicial e/ou no terço médio da gestação, resultando em quatro grupos: (RE/RE), (RE/AE), (AE/RE), (AE/AE). Neste estudo, os grupos de fêmeas submetidas a restrição no terço médio obtiveram crias com menor peso ao nascimento.

No final de gestação, período de máximo crescimento fetal, Gardner et al. (2005), observaram que a restrição nutricional materna promove baixos teores de glicose gerando impactos negativos na homeostase da glicose-insulina no subsequente animal adulto. As consequências são intolerância à glicose e resistência à insulina, promovendo aumento da deposição de gordura periférica e visceral. O mecanismo do distúrbio na homeostase da glicose-insulina nas crias de mães subnutridas parece alterar a captação de glicose dos tecidos, mais especificamente do tecido adiposo, através da redução da expressão celular do transportador de glicose insulino-sensível (GLUT4). O GLUT4 é o principal transportador de glicose nos tecidos adiposo e muscular, sua ação à captação de glicose para dentro das células é estimulada pela insulina (Katz et al. 1995).

De acordo com alguns estudos a glicose e a insulina materna no final da gestação tem papel central na regulação do crescimento e desenvolvimento do feto durante todo o final da gestação, agindo no útero como sinais no amadurecimento e nutrição do conceito, podendo ser benéficas ao desenvolvimento do cordeiro à vida adulta (Fowden 1992, 1995;

Fowden et al. 1989; Radunz et al. 2011b). A maioria da energia requerida para o crescimento e metabolismo fetal é fornecida pela glicose (Bell 1995). Por outro lado, o aumento da unidade mitótica e disponibilidade de nutrientes para deposição de tecido é promovido pela insulina (Fowden 1995). No útero gravídico de ovelhas, a insulina é extremamente necessária ao longo dos últimos 20-30 dias da gestação para o crescimento normal e desenvolvimento do feto (Fowden et al. 1989). No entanto, perturbações na secreção de insulina na vida fetal estão associadas a anormalidades do desenvolvimento, uma vez que sua deficiência pode levar ao retardo do crescimento do feto (Fowden 1992).

A utilização de dietas a base de CNF, contendo altos teores de amido, torna-se vantajosa, uma vez que ocorre aumento da glicose e da insulina circulante, favorecendo o desenvolvimento do feto (Loerch 1996). Segundo Radunz et al. (2011a), cordeiros nascidos de ovelhas alimentadas do meio ao final da gestação com rações a base de grãos de milho ou grãos secos de destilaria, apresentam tendência a maior peso ao nascimento em relação a crias de fêmeas alimentadas com feno, fonte de fibra, não apresentando diferença no peso ao desmame. Entretanto, de acordo com Bovera et al. (2004), cordeiros nascidos com pesos semelhantes, filhos de ovelhas submetidas a dietas com diferente quantidade de CNF desde o terço final da gestação até a desmama, não apresentaram diferença significativa no GMD nos primeiros dias de vida, no entanto os cordeiros filhos de ovelhas alimentadas com maior quantidade de CNF na dieta obtiveram maior peso aos 30 dias de vida.

Radunz et al. (2011b), verificaram que ao abate, cordeiros filhos de mães alimentadas com grãos de milho ou grãos secos de destilaria, apresentam tendência a maior deposição de gordura peri-renal, em relação aos cordeiros filhos de mães alimentadas com feno. Eles sugeriram que este resultado pode ter sido ocasionado devido a alterações na sensibilidade à insulina das crias. Em ovinos, o aumento da resistência à insulina tem sido associada a maior deposição de gordura omental e peri-renal (Gardner et al. 2005). A sensibilidade à insulina pela prole advinda de fêmeas bem nutridas ao final da gestação se deve a alterações plasmáticas maternas, com elevada concentração sanguínea de insulina, uma vez que a prolongada exposição do feto a

concentrações elevadas de insulina no plasma predis põem a resistência à insulina, com associada diminuição da massa muscular e aumento da deposição de gordura (Zhu et al. 2008).

Para alguns autores, alimentos contendo menos CNF e mais CF, com conseqüente diminuição na concentração de amido da dieta, possibilitam maior CMS pelo animal em períodos de maior exigência (Zenou; Miron 2005; Allen et al. 2009; Cannas et al. 2013), favorecendo o desempenho de ovelhas gestantes com conseqüente benefício ao conceito, uma vez que o aumento do CMS materno promove maior aporte nutricional ao desenvolvimento do feto, sem que esta dieta estimule grandes concentrações de insulina plasmática. Segundo Zenou e Miron (2005), o aumento do CMS de ovelhas alimentadas com dietas contendo menos CNF se deve a maior taxa de digestão de fibras em relação aos grãos de amido, acelerando a passagem do alimento no rúmen, conseqüentemente aumentando a ingestão. Outro motivo se daria à ingestão de grande quantidade de grãos de amido em curto período de tempo, associado ao volumoso da dieta, inibir a atividade dos microrganismos que degradam CF, diminuindo a taxa de digestão de fibra do alimento volumoso e do alimento não-volumoso.

Por outro lado, Allen et al. (2009), sugeriram que a diminuição do CMS com o uso de dietas a base de CNF rico em amido, se devem ao propionato, principal produto final da fermentação do amido. Eles propõem que o propionato, além de promotor da gliconeogênese é também oxidado no ciclo do ácido cítrico, aumentando a produção de adenosina trifosfato (ATP). O ATP produzido nestes processos oxidativos segue até o cérebro através de terminações nervosas, mandando um sinal de saciedade, e conseqüentemente promovendo diminuição do CMS. Para os autores, vacas em lactação apresentam menor número de precursores de glicose, diminuindo os intermediários do ciclo do ácido cítrico. Segundo eles, esta situação favorece os efeitos hipofágicos do propionato, uma vez que o mesmo é um intermediário do ciclo do ácido cítrico, sendo então utilizado à participar da oxidação, produzindo mais ATP, além de sintetizar a glicose. Em ovelhas o período final da gestação também é considerado delicado, uma vez que as mesmas tem a possibilidade de gestações múltiplas, aumentando a utilização

dos nutrientes pelos fetos, ocasionando menor número de precursores de glicose (Moallem et al. 2012).

Manejo nutricional na lactação

No peri-parto, a glândula mamária atinge prioridade metabólica em relação a outros tecidos, até mesmo ao feto, para realizar a síntese e secreção de leite, sendo este evento denominado lactogênese (Collier et al. 1984). Nesta fase o ruminante aumenta suas exigências nutricionais, uma vez que a utilização de nutrientes pela glândula mamária apresenta-se igual ou superior a utilização dos nutrientes pelo resto do corpo (Vernon 1989).

O manejo nutricional neste período é um fator agravante à produção de leite, uma vez que resulta em alteração na sua produção. Ovelhas cujo consumo energético foi restrito durante a gestação, e *ad libitum* no início da lactação, tiveram menor produção de leite logo após o parto, provavelmente devido ao menor desenvolvimento do tecido secretor da glândula mamária (Bizelis et al. 2000). No entanto, quando o manejo nutricional pré-parto é adequado o tecido mamário desenvolve-se corretamente, tornando-se crítico o manejo nutricional para a produção de leite apenas durante a lactação (Bell 1995).

Na lactação, as alterações envolvidas no estabelecimento da prioridade metabólica da glândula mamária incluem: diminuição da utilização dos nutrientes pelos tecidos periféricos, passagem de fluxo sanguíneo para o tecido mamário, e aumento da atividade metabólica de tecido mamário para a produção de leite (Collier et al. 1984). A glândula mamária de vacas lactantes utiliza em torno de 60 a 85% do total de glicose circulante, sendo de 50 a 85% da glicose mamária utilizada para a síntese de lactose (Knowlton et al. 1998).

O envolvimento do sistema endócrino neste processo é caracterizado por alterações da concentração hormonal no sangue, e alteração da sensibilidade do tecido aos hormônios devido a mudanças na população e disponibilidade dos receptores (Collier et al. 1984). Segundo Terao et al. (2010), a sensibilidade a insulina pelos tecidos periféricos encontra-se baixa no início da lactação, sendo esta condição necessária para promover maior produção de leite, mantendo a homeostase da glicose no início da lactação. Em seu estudo, foi observado que o *clearance* de insulina

plasmática em vacas que se encontravam 20 dias antes do parto foi duas vezes maior que 5 e 30 dias pós parto.

Logo após o parto as fêmeas se encontram em balanço energético negativo, devido as exigências energéticas do organismo excederem a ingestão, para uma maior produção de leite. Neste momento ocorre diminuição das concentrações plasmáticas de insulina e aumento da mobilização de ácidos graxos não esterificados (AGNE) do tecido adiposo. Os AGNEs na circulação fornecem energia para todos os tecidos do corpo, sendo importante na lactação, auxiliando na síntese de gordura do leite (Adewuyi et al. 2005). Nos ruminantes, os AGNEs são responsáveis por menos de 10% da formação de gordura do leite, podendo chegar até 35%, quando em balanço energético negativo (Bauman; Griinari 2003). No entanto, em grandes quantidades os AGNEs podem se tornar prejudiciais, uma vez que o fígado dos ruminantes tem capacidade limitada para utilizá-los como energia, podendo então gerar produtos finais (corpos cetônicos) que em grandes quantidades tornam-se tóxicos ao animal (Adewuyi et al. 2005).

Quando a lactação progride, a concentração de insulina aumenta, e os tecidos do corpo tornam-se mais sensíveis à ação da insulina. Isto significa que qualquer aumento da glicose no sangue estimula a ação da insulina, favorecendo a utilização de glicose em processos anabólicos por tecidos periféricos, não mais pela glândula mamária, uma vez que a mesma não é sensível à insulina. A consequência disto é a redução da glicose disponível para a glândula mamária, com subsequente redução da produção de leite (Cannas et al. 2002). Deste modo, à medida que a lactação avança, torna-se necessário utilizar algumas estratégias para que continue ocorrendo o suprimento das glândulas mamárias.

A utilização de dietas ricas em CNF durante a primeira fase da lactação se torna benéfica, uma vez que a ação da insulina se encontrar limitada, sendo a glicose produzida em maior quantidade, devido ao favorecimento da mesma pela dieta, ser preferencialmente utilizada pela glândula mamária para a secreção de leite. Entretanto, alguns estudos com ovelhas em lactação têm demonstrado que dietas ricas em amido não têm melhorado a produção média de leite durante toda a lactação, mas sim favorecido o acúmulo de reserva corporal

(Bovera et al. 2004; Cannas et al. 2013). Bovera et al. (2004), ao utilizarem diferentes CNF na alimentação de ovelhas lactantes, baixo CNF ou alto CNF, observaram que ovelhas alimentadas com baixos teores de CNF apresentaram maior produção média de leite em relação à ovelhas alimentadas com a dieta contendo altos teores de CNF, mesmo com a produção de leite tendo se mostrado maior no grupo com alto CNF na dieta nos dois primeiros meses de lactação.

Alguns autores ao fornecerem dietas ricas em CF, utilizando a casca de soja como fonte, observaram aumento da produção de leite. Os efeitos benéficos das dietas ricas em CF na lactação podem ser explicados pelo fato de que elas estimulam a produção de acetato de rúmen. O acetato é um combustível metabólico que em alguns casos pode substituir a glicose, além de ser o principal precursor na síntese de gordura na glândula mamária. Ovelhas em lactação provavelmente tem maior exigência do acetato em relação a vacas, porque o seu leite tem elevado teor de gordura (Cannas et al. 2002). O acetato também favorece as fêmeas lactantes, pois, diferentemente do propionato, ele é um produto final da fermentação que gera energia ao animal, sem estimular a liberação da insulina (Hanson; Ballard 1967).

Adicionalmente, estudos recentes propõem que alterações na quantidade de fibra e de CNF utilizados no alimento de ruminantes, influenciam a composição de gordura do leite através da modificação da relação acetato:propionato e biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados da dieta. A síntese mamária de ácidos graxos (AG) é favorecida pelo aumento da relação acetato:propionato no rúmen proporcionada pela ingestão de alimentos fibrosos. Entretanto, a utilização de CNF na dieta promove a diminuição da relação acetato:propionato provocando alterações na biohidrogenação dos AG insaturados. Esta alteração permite maior passagem de ácido linoleico conjugado (CLA) ao duodeno, sendo absorvido pelo epitélio intestinal, subsequentemente alterando a síntese de AG do leite. Os CLAs são considerados inibidores da síntese de gordura do leite (Pulina et al. 2006; Sanz Sampelayo et al. 2007).

Zenou e Miron (2005), ao substituírem parcialmente os grãos de amido pela casca de soja (51% de substituição) na dieta de ovelhas aos 38 ± 4 dias de lactação observaram que as ovelhas alimentadas com ração contendo casca de soja apresentaram maior ingestão de matéria

seca, maior produção de leite, assim como maior produção e teor de gordura do leite. Entretanto, Cannas et al. (2013), ao substituírem parcialmente os CNFs (36% de CNF na matéria seca) por uma fonte de CF (23% de CNF na matéria seca), na dieta de ovelhas no meio da lactação, observaram que a dieta contendo 23% de CNF resultou em maior produção de leite e maior produção da gordura do leite, sem no entanto alterar o teor de gordura. Adicionalmente, no grupo experimental, ocorreu menor deposição de gordura no tecido periférico, em comparação ao grupo controle. Esta diferença se deu apesar de uma semelhante ingestão de energia diária, tendo os autores sugerido que a partição de energia no alimento com mais CNF na dieta favoreceu o acúmulo de reserva corporal, enquanto no alimento com mais CF, a partição favoreceu a produção de leite. A razão para tal diferença estaria associada a variações no “status” hormonal durante a lactação. Quando a insulina está elevada, há o favorecimento do acúmulo de reserva corporal (Cannas et al. 2002).

Referências

- ADEWUYI, A. A.; GRUYS, E.; VAN EERDENBURG, F. J. C. M. Non esterified fatty acids (NEFA) in dairy cattle. A review. **Veterinary Quarterly**, The Hague, v. 27, p. 117-126, 2005.
- ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 3317-3334, 2009.
- ALVES, S. K. et al. Níveis de Energia em Dietas para Ovinos Santa Inês: Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, p.1937-1944, 2003.
- BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 23, p. 206-227, 2003.
- BELL, A.W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2804-2819, 1995.
- BIELLI, A. et al. Low maternal nutrition during pregnancy reduces the number of Sertoli cells in the newborn lamb. **Reproduction**

- Fertility and Development**, Melbourne, v. 14, p. 333-337, 2002.
- BIZELIS, J. A.; CHARISMIADOU, M. A.; ROGDAKIS, E. Metabolic changes during the perinatal period in dairy sheep in relation to level of nutrition and breed. II. Early lactation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 84, p. 73-84, 2000.
- BORWICK, S. C. et al. Effect of undernutrition of ewes from the time of mating on fetal ovarian development in mid gestation. **Reproduction Fertility and Development**, Melbourne, v. 9, p. 711-715, 1997.
- BOVERA, F. et al. Effect of non-structural carbohydrate dietary content on the productive performance of Sarda primiparous ewes. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 3, p. 61-70, 2004.
- BRODERICK, G. A.; MERTENS, D. R.; SIMONS, R. Efficacy of carbohydrate sources for milk production by cows fed diets based on alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, p. 1767-1776, 2002.
- CANNAS, A. et al. Decreasing dietary NFC concentration during mid-lactation of dairy ewes: does it result in higher milk production? **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 111, p. 41-49, 2013.
- CANNAS, A.; NUDDA, A.; PULINA, G. Nutritional strategies to improve lactation persistency in dairy ewes. In: GREAT LAKES DAIRY SHEEP SYMPOSIUM, 8., 2002, New York. **Proceedings...** New York: Cornell University, 2002. p. 17-59.
- COLLIER, R. J. et al. A review of endocrine regulation of metabolism during lactation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, p. 498-510, 1984.
- COMBELLAS, J. Production and reproduction parameters of tropical sheep breeds in improved production systems. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 5, p. 266-272, 1980.
- DIJKSTRA, J.; FORBES, J. M.; FRANCE, J. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Oxfordshire: CABI, 2005. 759 p.
- FAHEY, A. J. et al. The effect of maternal undernutrition before muscle differentiation on the muscle fiber development of the newborn lamb. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 2564-2571, 2005.
- FATURI, C. et al. Fibra solúvel e amido como fontes de carboidratos para terminação de novilhos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, p. 2110-2117, 2006.
- FOWDEN, A. L. Endocrine regulation of fetal growth. **Reproduction Fertility and Development**, Melbourne, v. 7, p. 351-363, 1995.
- FOWDEN, A. L. The role of insulin in fetal growth. **Early Human Development**, Amsterdam, v. 29, p. 177-181, 1992.
- FOWDEN, A. L.; HUGHES, P.; COMLINE, R. S. The effects of insulin on the growth rate of the sheep fetus during late gestation. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, Cambridge, v. 74, p.703-714, 1989.
- FUNSTON, R. N.; LARSON, D. M.; VONNAHME, K. A. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: implications for beef cattle production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. E205-E215, 2010.
- GARDNER, D. S. et al. Programming of glucose-insulin metabolism in adult sheep after maternal undernutrition. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Bethesda, v. 289, p. 947-954, 2005.
- HANSON, R. W.; BALLARD, F. J. The relative significance of acetate and glucose as precursors for lipid synthesis in liver and adipose tissue from ruminants. **Biochemical Journal**, London, v. 105, p. 529-536, 1967.
- HSU, J. T. et al. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, p. 244-255, 1987.
- KATZ, E. B. et al. Cardiac and adipose tissue abnormalities but not diabetes in mice deficient in GLUT4. **Nature**, London, v. 377, p. 151-155, 1995.
- KNOWLTON, K. F. et al. Glucose metabolism and milk yield of cows infused abomasally or ruminally with starch. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 3248-3258, 1998.

- KOTSAMPASIA, B. et al. Reduced Sertoli cell number and altered pituitary responsiveness in male lambs undernourished in utero. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 114, p. 135-147, 2009.
- LENG, R. A.; STEEL, J. W.; LUICK, J. R. Contribution of propionate to glucose synthesis in sheep. **Biochemical Journal**, London, v. 103, p. 785-790, 1967.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1463-1481, 1997.
- MICKE, G. C. et al. Heifer nutrition during early- and mid-pregnancy alters fetal growth trajectory and birth weight. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 117, p. 1-10, 2010.
- MOALLEM, U. et al. Plasma concentrations of key metabolites and insulin in late-pregnant ewes carrying 1 to 5 fetuses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 318-342, 2012.
- NISSEN, P. M.; DANIELSEN, V. O.; JORGENSEN, P. F. et al. Increased maternal nutrition of sows has no beneficial effects on muscle fiber number or postnatal growth and has no impact on the meat quality of the offspring. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 3018-3027, 2003.
- PENNINGTON, R. J. Fatty acid utilization and ketone body production by rumen epithelium and other tissues. **Biochemical Journal**, London, v. 51, p. 251-258, 1952.
- PITT, R. E. et al. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 226-244, 1996.
- PULINA, G. et al. Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 131, p. 255-291, 2006.
- RADUNZ, A. E. et al. Winter-feeding systems for gestating sheep II. Effects on feedlot performance, glucose tolerance, and carcass composition of lamb progeny. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 478-488, 2011b.
- RADUNZ, A. E. et al. Winter-feeding systems for gestating sheep I. Effects on pre- and postpartum ewe performance and lamb progeny preweaning performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 467-477, 2011a.
- SANZ SAMPELAYO, M. R. et al. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 68, p. 42-63, 2007.
- SILVEIRA J. C. et al. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, p.1432-1444, 2004.
- SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 3562-3577, 1992.
- TERAO, H. et al. Insulin dynamics in transition dairy as revealed by intravenous glucose tolerance testing. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Pakistan, v. 9, p. 2333-2337, 2010.
- VALADARES FILHO, S. C. et al. **CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em: <www.ufv.br/cqbal>. Acesso em: 28 mar. 2014.
- VERNON, R. G. Endocrine control of metabolic adaptation during lactation. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 48, p. 23-32, 1989.
- VONNAHME, K. A. et al. Maternal dietary intake alters organ mass, endocrine, and metabolic profiles in pregnant ewe lambs. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 141, p. 131-141, 2013.
- ZENOU, A.; MIRON, J. Milking performance of dairy ewes fed pellets containing soy hulls as starchy grain substitute. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 57, p. 187-192, 2005.
- ZHU, M. J. et al. AMP-activated protein kinase signaling pathways are down regulated and skeletal muscle development impaired in fetuses of obese, over-nourished sheep. **The Journal of Physiology**, Cambridge, v. 586, p. 2651-2664, 2008.