



ARTIGO 309

INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO MATERNA SOBRE O DESEMPENHO DE CORDEIROS

Luciana Freitas Guedes¹, Dalvana dos Santos², Leonardo de Rago Nery Alves¹,
Pedro Augusto Dias Andrade¹, Iran Borges³

RESUMO: O termo “programação fetal” vem sendo abordado como uma estratégia potencial para produção de carne com maior precisão. Nos sistemas de produção de carne ovina é comum observar fêmeas gestantes com baixo escore de condição corporal em virtude de manejo nutricional inadequado, quando muito suplementadas somente no terço final da gestação. Contudo, pesquisas recentes demonstram a influência da nutrição materna nos dois primeiros terços da gestação sobre o crescimento e desenvolvimento fetal, implicando na sobrevivência e desempenho futuro do conceito. Frente a isso, objetivou-se com esta revisão discutir os efeitos da restrição nutricional ao longo da gestação sobre o desempenho de cordeiros e os possíveis impactos na produção animal. Vários órgãos e tecidos podem responder diferentemente à gravidade da restrição de nutrientes devida suas diferentes trajetórias de crescimento e maturação, sendo que tecidos como músculo e adiposo também parecem sensíveis à programação fetal. Esforços através de pesquisas adicionais nessa área são necessários para quantificar o grau de impacto da nutrição materna sobre o desenvolvimento fetal, o metabolismo, a saúde, a produção e a qualidade do produto.

PALAVRAS-CHAVE: desenvolvimento intrauterino, ovinos, programação fetal, restrição

ABSTRACT: The term "fetal programming" has been used as a potential strategy for meat production more accurately. In meat's sheep production system is common to see ewes of a lower body condition score caused by inappropriate breeding and females supplemented only in the final third of pregnancy. However, recent research demonstrates the influence of maternal nutrition in the first two thirds of pregnancy on fetal growth and development, resulting in the survival and future performance of the conceptus. Given this, the aim with this review is to discuss the effects of nutrient restriction during pregnancy on lamb performance and possible impacts on animal production. Various organs and tissues may respond differently to the severity of nutrients restriction due to their different trajectories growth and maturation, and tissues such as muscle and adipose also appear sensitive to fetal programming. Efforts through additional research in this area are needed to quantify the degree of impact of maternal nutrition on fetal development, metabolism, health, production and product quality.

KEY WORDS: feeding restriction, fetal programming, intrauterine development, sheep

¹Doutoranda em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG E-mail: lucianafguedes@yahoo.com.br

²Médica Veterinária; ³Professor Associado, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG



INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, acreditou-se que a formação de carne de qualidade se restringia apenas aos meses que antecediam ao abate, em que os animais eram enviados aos confinamentos para terminação. Entretanto, sabe-se hoje que a produção de carne com qualidade inicia-se ainda na fase intrauterina do animal. Nesse contexto, o termo “desenvolvimento fetal programado”, também conhecido como “programação fetal”, vem sendo abordado como uma estratégia potencial para produção de carne com maior precisão. De forma breve, a programação fetal pode ser entendida como o resultado de mudanças específicas nos mamíferos durante o desenvolvimento intrauterino que altera quantitativa e/ou qualitativamente a trajetória de desenvolvimento com resultados que persistem por toda vida do indivíduo (Duarte et al., 2013).

Nos sistemas de produção de carne ovina é comum observar fêmeas gestantes com baixo escore de condição corporal em decorrência de receberem alimentação inadequada nessa fase. Visando amenizar o problema, os produtores optam por suplementar no terço final da gestação, o qual é apontado como a principal etapa em que a restrição alimentar da matriz pode afetar o cordeiro, já que 80% do crescimento fetal ocorre nesse período (Russel, 1991). Entretanto, pesquisas apontam que a privação alimentar durante os estágios iniciais da gestação afeta o desenvolvimento fetal com consequências sobre o desempenho do animal, bem como sobre o aspecto qualitativo da carne produzida (Du et al., 2010).

Frente a isso, objetivou-se com esta revisão discutir os efeitos da restrição nutricional ao longo da gestação sobre o desempenho de cordeiros e os possíveis impactos na produção animal.

A IMPORTÂNCIA DA NUTRIÇÃO MATERNA

A maior influência na sobrevivência dos cordeiros nos primeiros dias de vida é seu peso ao nascer. O crescimento fetal e peso ao nascer são regulados pelos genótipos fetal e

materno, nutrição materna e ambiente (Oldham et al., 2011). A trajetória de crescimento pré-natal é sensível aos efeitos diretos e indiretos da ingestão materna desde as fases iniciais de vida embrionária, período onde as necessidades de nutrientes para o crescimento do concepto ainda são insignificantes. Neonatos restritos de crescimento não apresentam apenas risco de complicações pós-parto imediato, mas também podem apresentar baixo crescimento e desenvolvimento, com consequências significativas na vida adulta (Barker, 2004; Wu et al., 2006).

A restrição materna pode ser definida como a redução de disponibilidade de nutrientes ao embrião e ao feto durante as fases de desenvolvimento no útero. Dentre as causas de restrição de nutrientes mais frequentemente observadas, pode-se destacar a incidência de fetos múltiplos, o estresse ambiental (condições edafoclimáticas), local (problemas na instalação) e nutricional. O momento de ocorrência e duração da restrição materna pode interferir na vascularização capilar, perfil angiogênico e função vascular da placenta de bovinos e ovinos, o que influenciará na capacidade do feto em atingir todo o seu crescimento genético potencial (Vonnahme, 2012).

A supernutrição materna também pode causar efeitos adversos na gestação. Pesquisas demonstram que borregas alimentadas com 140% das necessidades energéticas a partir de 40 dias de gestação até o parto diminuem o peso ao nascimento do cordeiro na ordem de 9,2% (Swanson et al., 2008), o que indica que a superalimentação durante a gestação pode provocar restrição do crescimento fetal. Embora a restrição de crescimento placentário e fetal serem observados mais comumente em borregas superalimentadas, a duração da gestação e o rendimento de colostro são afetados negativamente em ovelhas adultas superalimentadas (Wallace et al., 2005) indicando que a saúde e o crescimento da cria também podem ser alteradas por superalimentação materna.



EFEITOS DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL NO PERÍODO INICIAL AO MEIO DA GESTAÇÃO

A restrição de nutrientes para o embrião em desenvolvimento, independentemente da causa (restrição de nutrientes, condições ambientais, gestação múltipla), pode prejudicar seu desempenho futuro. Nesta fase precoce do desenvolvimento fetal ocorre o crescimento placentário máximo, a diferenciação vascular e a organogênese fetal, os quais são acontecimentos cruciais para o desenvolvimento do conceito (Vonnahme, 2007). O grau de comprometimento do crescimento dos órgãos internos é geralmente mais severo quando a restrição nutricional ocorre no início e meados da gestação quando comparado com restrição durante o final da gravidez. De fato, pesquisas recentes indicam que os planos de baixa nutrição materna até o meio da gestação podem afetar o crescimento principalmente do coração e do fígado (Reed et al., 2007; Carlson et al., 2009; Caton et al., 2009). Em ovinos, a privação energética-proteica entre 0-90 dias de gestação também conferiu diferenças no desenvolvimento da placenta (Vonnahme et al., 2003), duração da gestação (Rooke et al., 2010) e peso do cordeiro ao nascer (Reed et al., 2007).

Vários órgãos e tecidos podem responder diferentemente à gravidade da restrição de nutrientes por causa de diferentes trajetórias de crescimento e maturação, sendo que tecidos como músculo e adiposo também parecem sensíveis à programação fetal. O estado nutricional materno é um dos fatores que impactam o particionamento de nutrientes e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento do músculo-esquelético fetal (Duarte, et al., 2013). O músculo esquelético tem uma prioridade menor na partição de nutrientes em comparação com o cérebro e o coração durante o desenvolvimento, tornando-os potencialmente mais vulneráveis ao desbalanço nutricional (Redmer et al., 2004). O período fetal é crucial para o desenvolvimento do músculo-esquelético, porque nenhum aumento líquido do número de fibras musculares ocorre após o nascimento (Nissen et al., 2003). Numerosos estudos realizados com espécies de mamíferos têm

mostrado que a desnutrição materna durante a gestação pode reduzir o número de fibras musculares na cria. Zhu et al. (2004) observaram que a restrição do início até metade da gestação resultou numa redução no número de fibras musculares esqueléticas no feto, que podem estar relacionados a sub-regulação da rapamicina (mTOR), o que é crucial para determinar a disponibilidade de nutrientes. O número de fibra muscular e tamanho, não só afetam o crescimento pré-natal e pós-natal como também tem um impacto sobre a qualidade do produto final. Esse fato acontece devido à porcentagem de fibras musculares afetar a cor da carne e a velocidade de amaciamento que ocorre *post mortem* (Gomide et al., 2013). A alteração do tipo de fibra também vai impactar a capacidade de armazenamento de glicogênio, que tem um impacto sobre a capacidade de retenção de água. Essas características de qualidade dos produtos têm um grande efeito sobre a aceitabilidade de produtos de origem animal pelo consumidor.

O papel da nutrição materna na programação e composição corporal pós-natal pode envolver alterações permanentes na morfologia dos adipócitos, celularidade e (ou) metabolismo (Taylor e Poston, 2007). Nos ovinos, os efeitos da desnutrição materna sobre o peso ao nascer e a massa de tecido adiposo fetal dependem do tempo e/ou nível de restrição alimentar (Bispham et al., 2003; Symonds et al., 2004). Uma observação mais consistente em cordeiros de ovelhas subnutridas é que as características do tecido adiposo fetal são alterados. Estudos têm demonstrado que a gordura visceral (Gardner et al., 2005), a perirenal (Ford et al., 2007) e a adiposidade do cordeiro são aumentadas por subnutrição materna que foi acompanhada pela resistência à insulina em comparação com a prole de ovelhas adequadamente nutridas (Gardner et al., 2005; Gnanalingham et al., 2005; Ford et al., 2007). Ford et al. (2007) relataram que a massa de gordura perirenal em prole de ovelhas com nutrição limitada está associada com uma redução nos músculos *Semitendinosus* e *Longissimus* e da massa muscular como uma proporção do peso da carcaça quente. Estes dados, juntamente



com a resistência à insulina na prole de mães com restrição de nutrientes (Gardner et al., 2005, Ford et al., 2007), indicam que o tecido adiposo visceral pode contribuir para o metabolismo anormal de nutrientes.

EFEITOS DA RESTRIÇÃO NUTRICIONAL NA FASE FINAL DA GESTAÇÃO

Trabalhos realizados com intuito de avaliar o desempenho de cordeiros filhos de ovelhas com alimentação restrita em energia no final da gestação apresentam resultados negativos para a produção animal. O peso ao nascer de cordeiros (machos e fêmeas) foi prejudicado quando as mães passaram por uma dieta que atendia 60% das necessidades energéticas (Geraseev et al., 2006a). A grande redução observada neste trabalho no peso ao nascer dos cordeiros machos (30,5%) e fêmeas (17,8%) revela a importância da adoção de um nível nutricional adequado para as ovelhas gestantes, principalmente durante o terço final da gestação. Os efeitos da privação de nutrientes no final da gestação parecem perdurar ao longo da vida do animal uma vez que Geraseev et al. (2006b, 2006c) ao avaliarem 40% de restrição energética durante o terço final da gestação sobre o desempenho de cordeiros Santa Inês concluíram que o ganho médio dos cordeiros do grupo controle foi superior ($P < 0,05$) aos animais alimentados restritamente (pré e pós-natal). O desempenho inferior das crias com alimentação restrita indica que os animais não compensaram a restrição imposta e, portanto, apresentaram valores mais elevados para idade ao abate, consumo total de ração e tempo de confinamento.

Quando os cordeiros foram separados de suas mães e criados em um idêntico sistema de alimentação, independentemente do tratamento materno, o plano nutricional materno durante a gestação continuou a afetar o crescimento do cordeiro até 19 dias de idade (Meyer et al., 2010). Especificamente, os cordeiros nascidos de ovelhas com restrição de 60% da ingestão de nutrientes pesaram menos ($P < 0,05$) do que os controles em vários pontos até à necropsia em 19 dias. Além disso, a média de ganho de peso diário (GPD)

foi menor em cordeiros de ovelhas com restrição em comparação com os animais controle. O baixo peso ao nascimento está associado com o aumento da mortalidade e crescimento reduzido pós-natal (Wu et al., 2006). Assim, restrições impostas às ovelhas gestantes no terço final da gestação compromete a massa biológica produzida (kg de cordeiro/kg de ovelha) indicando a importância da nutrição materna na produção animal.

As características de carcaça apontam efeitos conforme a nutrição inadequada na gestação, de maneira que cordeiros filhos de ovelhas com privação de 40% de energia apresentaram menores ($P < 0,05$) pesos de cortes comerciais (Oliveira et al., 2009). Esse fato acontece devido à desnutrição materna durante a gestação causar alterações na atividade miogênica e adipogênica, assim, a deposição de tecido muscular no feto é comprometido. Em um trabalho realizado por Zhu et al. (2006) a restrição de nutrientes em 50% das exigências de ovinos em gestação (de acordo com NRC, 1985) entre o 28º e 80º dias de gestação resultou em redução do número total de fibras musculares, bem como redução da relação fibra secundária:fibra primária presente no músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros abatidos aos 8 meses de idade. De forma semelhante, Quigley et al. (2005) ao avaliarem o desenvolvimento muscular fetal aos 75 dias de gestação de matrizes ovinas submetidas ou não à restrição alimentar durante o período pré-concepção, observaram redução no número total de fibras e menor taxa de aparecimento de fibras musculares secundárias em fetos oriundos de matrizes submetidas à restrição alimentar.

Uma vez que em mamíferos a hiperplasia, ou seja, formação de fibras musculares se restringe única e exclusivamente à fase pré-natal, a redução do número de fibras musculares em função da nutrição materna compromete o desempenho do animal durante a vida pós-natal. Consequentemente, os animais demandarão mais tempo para que o peso mínimo de abate seja atingido, o que indiretamente reduz a qualidade da carne a ser produzida, uma vez que a maciez da carne reduz



consideravelmente à medida que o animal envelhece devido, principalmente, à redução da solubilidade do colágeno intramuscular (Duarte et al., 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nutrição materna durante os diferentes estágios da gestação afeta não somente o desenvolvimento fetal, bem como a

saúde, o desempenho e a qualidade de carne produzida.

No entanto, esforços através de pesquisas adicionais nessa área são necessários para quantificar o grau de impacto da nutrição materna sobre o desenvolvimento fetal, o metabolismo, a saúde, a produção e a qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARKER, D. J. P. Developmental origins of well being. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 359:1359-1366, 2004.

BISPHAM, J.; GOPALAKRISHNAN, G. S.; DANDREA, J.; et al. Maternal endocrine adaptation throughout pregnancy to nutritional manipulation: consequences for maternal plasma leptin and cortisol and the programming of fetal adipose tissue development. *Endocrinology*, 144:3575-3585, 2003.

CARLSON, D. B.; REED, J. J.; BOROWICZ, P. P. et al. Effects of dietary selenium supply and timing of nutrient restriction during gestation on maternal growth and body composition of pregnant adolescent ewes. *J. Anim. Sci.*, 87:669-680, 2009.

CATON, J. S.; REED, J. J.; AITKEN, R. et al. Effects of maternal nutrition and stage of gestation on body weight, visceral organ mass, and indices of jejunal cellularity, proliferation, and vascularity in pregnant ewe lambs. *J. Anim. Sci.*, 87:222-235, 2009.

DU, M.; TONG, J.; ZHAO, J. et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *J. Anim. Sci.*, v.88, n.13, suppl, p.E51-60, 2010.

DUARTE, M. S.; GIONBELLI, M. P.; PAULINO, P. V. R. et al. Effects of pregnancy and feeding level on carcass and meat quality traits of Nellore cows. *Meat Sci.*, 94: 139-144, 2013.

FORD, S. P.; HESS, B. W.; SCHWOPE, M. M. et al. Maternal undernutrition during early to mid-gestation in the ewe results in altered growth, adiposity, and glucose tolerance in male offspring. *J. Anim. Sci.*, 85:1285-1294, 2007.

GARDNER, D. S.; TINGEY, K.; VAN BON, B. W. M. et al. Programming of glucose insulin metabolism in adult sheep after maternal nutrition. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 289:R947-R954, 2005.

GERASEEV, L. C.; PEREZ, J. R. O.; CARVALHO, P. A. et al. Efeitos das restrições pré e pós-natal sobre o crescimento e o desempenho de cordeiros Santa Inês do nascimento ao desmame. *R. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.35, n. 1, p. 245-251, 2006b.



GERASEEV, L. C.; PEREZ, J. R. O.; CARVALHO, P. A. et al. Efeitos das restrições pré e pós-natal sobre o crescimento e desempenho de cordeiros Santa Inês do desmame ao abate. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.1, p.237-244, 2006c.

GERASEEV, L. C.; PEREZ, J. R. O.; OLIVEIRA, R. P. et al. Efeito da restrição alimentar durante o final da gestação sobre o peso ao nascer de cordeiros Santa Inês. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 30, n. 2, p. 329-334, 2006a.

GNANALINGHAM, M. G.; MOSTYN, A.; SYMONDS, M. E.; STEPHENSON, T. Ontogeny and nutritional programming of adiposity in sheep: potential role of glucocorticoid action and uncoupling protein-2. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 289:R1407-1415, 2005.

GOMIDE, L. A. M., RAMOS, E. M., FONTES, P. R. *Ciência e qualidade da carne – fundamentos*. 1ª ed., 2013, 197p.

MEYER, A. M.; REED, J. J.; NEVILLE, T. L. et al. Effects of nutritional plane and selenium supply during gestation on ewe and neonatal offspring performance, body composition, and serum selenium. *J. Anim. Sci.*, 88:1786-1800, 2010.

NISSEN, P. M.; DANIELSON, V. O.; JORGENSEN, P. F.; OKSBJERG, N. 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. *J. Anim. Sci.*, 81:3018-3027, 2003.

OLDHAM, C. M.; THOMPSON, A. N.; FERGUSON, M. B. et al. The birthweight and survival of Merino lambs can be predicted from the profile of liveweight change of their mothers during pregnancy. *Anim. Prod. Sci.*, 51: 776–783, 2011.

OLIVEIRA, R. P.; PÉREZ, J. R. O.; GERASEEV, L. C. et al. Influência da restrição alimentar pré e pós-natal sobre a composição relativa dos cortes da carcaça, em cordeiros Santa Inês. *Rev. Agrogeo.*, 53-63, 2009.

QUIGLEY, S. P.; KLEEMANN, D. O.; KAKAR, M.A.; et al. Myogenesis in sheep is altered by maternal feed intake during the peri-conception period. *Anim. Reprod. Sci.*, v.87, p.241-251, 2005.

REDMER, D. A.; WALLACE, J. M.; REYNOLDS, L. P. Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. *Domest. Anim. End.*, 27: 199-217, 2004.

REED, J. J.; WARD, M. A.; VONNAHME, K. A. et al. Effects of Selenium supply and dietary restriction on maternal and fetal body weight, visceral organ mass, cellularity estimates, and jejunal vascularity in pregnant ewe lambs. *J. Anim. Sci.*, 85:2721-2733, 2007.

ROOKE, J. A.; HOUDIJK, J. G. M.; MCILVANEY, K. et al. Differential effects of maternal undernutrition between days 1 and 90 of pregnancy on ewe and lamb performance and lamb parasitism in hill or lowland breeds. *J. Anim. Sci.*, 88:3833-3842, 2010.

RUSSEL, A.J.F. Nutrition of the pregnant ewe. In: *Sheep and goat practice*. Editor E. Boden. Baillière Tindall (London), 29-39, 1991.

SWANSON, T. J.; HAMMER, C.J.; LUTHER, J. S. et al. Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs. *J. Anim. Sci.*, 86:2415-2423, 2008.



SYMONDS, M. E.; PEARCE, S.; BISPAM, J. et al. Timing of nutrient restriction and programming of fetal adipose tissue development. *Proc. Nutr. Soc.*, 63:397-403, 2004.

TAYLOR, P. D.; POSTON, L. Developmental programming of obesity in mammals. *Exp. Physiol.*, 92:287-298, 2007.

VONNAHME, K. A. How the maternal environment impacts fetal and placental development: implications for livestock production. *Anim. Reprod.*, 9:789-79, 2012.

VONNAHME, K. A.; HESS, B. W.; HANSEN, T. R. et al. Maternal undernutrition from early- to mid-gestation leads to growth retardation, cardiac ventricular hypertrophy, and increased liver weight in the fetal sheep. *Biol. Reproduc.*, 69: 133–140, 2003.

VONNAHME, K. A. Nutrition during gestation and fetal programming. *Proceedings, The Range Beef Cow Symposium XX*, 2007.

WALLACE, J. M.; MILNE, J. S.; AITKEN, R. P. The effect of overnourishing singleton-bearing adult ewes on nutrient partitioning to the gravid uterus. *Br. J. Nutr.*, 94:533-539, 2005.

WU, G.; BAZER, F. W.; WALLACE, J. M.; SPENCER, T. E. Intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. *J. Anim. Sci.*, 84:2316-2337, 2006.

ZHU, M. J.; FORD, S. P.; MEANS, W. J.; HESS, B. W.; NATHANIELSZ, P. W.; DU, M. Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. *J. Physiol.*, Cambridge, v. 575, p. 241-250, 2006.

ZHU, M. J.; FORD, S. P.; NATHANIELSZ, P. W.; DU M. Effect of maternal nutrient restriction in sheep on the development of fetal skeletal muscle. *Biol. Reproduc.*, Champaign, v. 71, p.1968–1973. 2004.