

NOVOS CONCEITOS NA REGULAÇÃO DO METABOLISMO DE ENERGIA EM VACAS EM TRANSIÇÃO

Thomas R. Overton, Ph.D.

Associate Professor

Department of Animal Science

Cornell University, Ithaca NY

A importância do manejo das vacas para o sucesso do período de transição é fator inquestionável na indústria de produção de leite. Amplas pesquisas foram realizadas nos últimos 10 a 15 anos sobre os diferentes aspectos referentes à saúde e à nutrição durante o período de transição, incluindo várias estratégias nutricionais e o uso de diversos aditivos e compostos, criados para auxiliar na adaptação dos animais à lactação (revisado por Overton e Waldron, 2004). Apesar das pesquisas e demais esforços paralelos do setor, o período de transição continua apresentando dificuldades para muitos estabelecimentos comerciais, e os distúrbios metabólicos ainda apresentam taxas relevantes, do ponto de vista econômico. (Burhans et al., 2003). Certamente, em algumas situações há plena compreensão do enfoque nutricional necessário para a granja leiteira, embora existam dificuldades na implantação das práticas de manejo no dia a dia. Entretanto, ainda não existe uma compreensão total e definitiva sobre certos aspectos da biologia da transição (ex. regulação metabólica, função imunitária e biologia do estresse), bem como sobre suas implicações para o sucesso das vacas em transição e as potenciais interações com o manejo nutricional das vacas leiteiras, durante este período.

As grandes mudanças metabólicas na demanda por macrominerais, glicose, aminoácidos e ácidos graxos que ocorrem durante o período de transição, bem como as adaptações no metabolismo do fígado, gordura corporal e outros tecidos, para auxiliar nas exigências metabólicas, têm ido amplamente pesquisadas até o presente (Grummer, 1993; Bell, 1995; Grummer, 1995; Goff e Horst, 1997; Drackley, 1999; Overton e Waldron, 2004). Sem a intenção de rever o conteúdo desses artigos e outros, relacionados com os aspectos gerais do manejo nutricional das vacas em transição, o foco do presente trabalho é definir novos conhecimentos sobre os aspectos chave da regulação do metabolismo de energia em vacas em transição, bem como as implicações de aspectos específicos do manejo nutricional, nesta regulação.

ASPECTOS CHAVE DA REGULAÇÃO METABÓLICA EM VACAS EM TRANSIÇÃO

São amplamente conhecidas as grandes adaptações metabólicas sofridas pelas vacas leiteiras durante o período final da gestação em face às demandas fetais, bem como no início da lactação, para a produção de leite. Estas adaptações homeoréticas, envolvidas na regulação dos nutrientes e na partição da energia no período final da gestação e início da lactação, ocorrem em vários tecidos e, normalmente, acarretam mudanças nas respostas dos tecidos, como por exemplo, o tecido adiposo e muscular, aos sinais homeostáticos, como a insulina e epinefrina. (Bauman e Currie, 1980; Bell, 1995). Uma das principais adaptações consiste no grande aumento na demanda de glicose pela glândula mamária, suportado por aumento significativo na produção de glicose pelo fígado (Reynolds et al., 2003). Ao mesmo tempo, os tecidos periféricos (principalmente o músculo esquelético) reduzem o consumo de glicose como combustível, (Bauman e Elliot, 1983; Petterson et al., 1993), economizando assim glicose para ser utilizada pelo útero grávido e a glândula mamária lactante. Adicionalmente, a maior mobilização dos depósitos de gordura corporal, induzida pelas mudanças

no metabolismo do tecido adiposo, contribui para atender ao aumento das necessidades totais do corpo por energia, no início da lactação (Petterson et al., 1994). O resultado final destas adaptações é o apoio coordenado às necessidades fetais e, posteriormente, à alta produção de leite, em face à redução na ingestão e possível insuficiente ingestão de matéria seca (IMS), durante o final da gestação e início da lactação.

Resistência à insulina em vacas em transição

As mudanças que ocorrem no metabolismo dos tecidos das vacas leiteiras durante o período de transição são mediadas, principalmente, por mudanças nas respostas aos sinais hormonais, como por exemplo, a insulina. A menor resposta destes tecidos à insulina costuma ser chamada resistência à insulina. Conforme já foi mencionado, alguns aspectos da resistência à insulina (como por exemplo, os relacionados com o músculo esquelético) são muito favoráveis no auxílio a gestação e lactação, devido à reserva de glicose para o feto e para a glândula mamária (Bell, 1995). Ao mesmo tempo, o autor acredita que a resistência à insulina no tecido adiposo contribui para o aumento da concentração de ácidos graxos não esterificados (NEFA) circulantes e para a redução da ingestão de matéria seca (IMS) quando as vacas se aproximam do parto. (Figura 1). Allen et al. (2005) propuseram que o aumento na concentração de NEFAs circulantes, durante o período final da gestação, e a posterior oxidação destes NEFAs pelo fígado, representam a causa da redução no IMS das vacas que se aproximam do parto. Embora não exista evidência direta desta relação causa-efeito para as vacas em transição, este conceito poderia explicar os padrões típicos de NEFA e IMS, medidos para as vacas leiteiras próximas ao parto. Esta relação entre NEFA e IMS está associada com todos os distúrbios de saúde periparturiente, cuja etiologia esteja baseada no metabolismo da energia, função imune, ou em ambas (deslocamento de abomaso, cetose, fígado gorduroso, retenção de placenta, metrite e mastite).

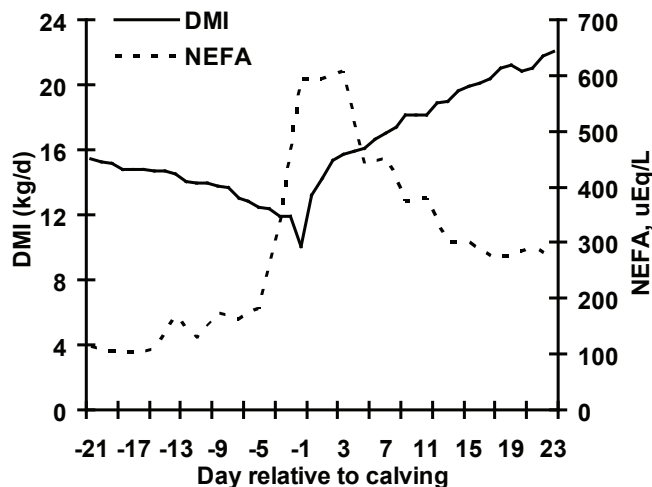


Figura 1. Relação entre IMS e concentração de NEFA plasmático durante o período de transição (Smith, 2004).

Alguns anos atrás, surgiu o interesse por aumentar nosso conhecimento sobre a natureza e o momento em que ocorre a resistência à insulina, especificamente para determinar se as relações entre NEFA e IMS poderiam ser moduladas durante o período de transição. A pesquisa inicial realizada em nosso laboratório (Smith, 2004) sugeriu que o tecido adiposo de vacas leiteiras periparturientes pode, de fato, ser mais refratário à insulina durante o período do préparto do que após o parto. Trabalhos posteriores também apoiaram o conceito da resistência à insulina ser maior no préparto do que no pósparto (Smith et al., 2006).

Como resultado desses esforços e outras provas circunstanciais, indicando que maior resistência à insulina durante o período préparto contribui para IMS mais baixa no periparto, concentrações mais altas de NEFA,

e maior perda de escore de condição corporal (BCS) no início da lactação, procuramos determinar se uma modulação específica da resistência à insulina no tecido adiposo durante o período préparto, reduziria a mobilização de NEFAs e mudaria os padrões de IMS e NEFA, durante o período de transição. Através de um enfoque experimental, foram administrados compostos (tiazolidinedionas, TZD), análogos àqueles utilizados no tratamento da diabetes Tipo II em humanos, a vacas leiteiras durante o préparto. No primeiro estudo, o efeito da administração de TZD apresentou tendência à redução da concentração de NEFAs circulantes e ao aumento da IMS, no período compreendido entre os 7 dias anteriores e os 7 dias posteriores ao parto (Smith et al., 2007). Fundamentalmente, a administração de TZDs não pareceu interferir com a economia de glicose por parte dos tecidos periféricos, fator de vital importância para o apoio à gestação e lactação.

Em estudo posterior (Smith, 2008) realizado com maior número de animais, foram replicados os resultados da primeira experiência, indicando que a administração de TZD durante o préparto reduz as concentrações de NEFAs circulantes e aumenta a IMS durante os períodos imediatamente anteriores e posteriores ao parto. Ao mesmo tempo, a administração de TZDs melhorou o equilíbrio de energia no pósparto, diminuiu a perda de CC e reduziu o número de dias até a primeira ovulação, nos animais que receberam o tratamento. Estes resultados sugeriram que a modulação específica da resistência à insulina no tecido adiposo poderia ter efeitos muito benéficos sobre as mudanças metabólicas, durante o período de transição, e também, efeitos remanescentes significativos sobre a dinâmica do metabolismo e o desempenho, durante o início da lactação. É importante ressaltar que este estudo foi realizado para comprovar os conceitos referentes aos mecanismos da regulação metabólica. Os TDZs não estão atualmente disponíveis para utilização prática na indústria de produção de leite e seu uso requereria aprovação prévia por parte do FDA.

Manejo nutricional durante o período do pré-parto e sua relação com a resistência à insulina e com a saúde

Embora a modulação da resistência à insulina através de um enfoque farmacológico desperte grande interesse, também sugere que se investiguem quais aspectos do manejo nutricional poderiam influir na resistência à insulina. Durante os últimos anos, a nutrição energética das vacas durante o período seco tem recebido grande atenção (Drackley e Janovick-Guretzky, 2007) por parte dos pesquisadores, e grande volume de informação sugere que a nutrição energética pode interagir com a resistência à insulina, durante o final do período préparto.

Durante muitos anos, tanto os pesquisadores quanto os profissionais da indústria deram preferência ao aumento da ingestão de matéria seca, com o propósito de garantir que as vacas consumissem energia suficiente durante o período seco. Esta estratégia estava fundamentada, em parte, por pesquisas que indicavam que vacas com menor concentração de NEFA durante as duas últimas semanas prévias ao parto, em fazendas leiteiras comerciais, sofriam menor incidência de distúrbios metabólicos pósparto (deslocamento do abomaso, cetose, retenção de placenta, mastite; Dyk, 1995). Dado que IMS maior normalmente resulta em NEFA circulante mais baixo, ficou implícita a associação entre IMS mais alta e melhoras na saúde e no desempenho. Nossa experiência sugere que, de fato, muitas fazendas obtiveram melhoras na saúde e no desempenho ao programarem mudanças de manejo que aumentaram a IMS das vacas, principalmente durante o período próximo ao parto.

Entretanto, há cada vez mais evidências indicando que o plano de nutrição, especialmente a ingestão de energia durante o período do préparto, modula o grau de resistência à insulina e, portanto, a relação entre NEFA e IMS durante o período imediatamente anterior ao parto. Mashek e Grummer (2003) informaram que as vacas com maior redução de IMS durante o préparto, geralmente devido a IMS mais alta durante as semanas 3 e 4 anteriores ao parto, mostraram concentrações mais altas de NEFA plasmático e triglicérides hepáticos durante o período pósparto. Douglas et al. (2006) ofereceram provas experimentais mais concretas ao reportarem que, vacas alimentadas com 80% das necessidades energéticas calculadas para o total do período

seco apresentavam concentrações mais baixas de NEFA durante o período pós-parto, concentrações mais baixas tanto de glicose como de insulina circulantes durante o pré-parto, e IMS mais alta durante o pós-parto, se comparadas com vacas que consumiram 160% das necessidades energéticas previstas, durante todo o período seco. Da mesma forma, Holcomb et al. (2001) reportaram que vacas submetidas a restrições na alimentação durante o final do período pré-parto apresentaram curvas atenuadas de NEFA no período periparturiente. Da mesma forma, Holtenius et al. (2003) observaram que os animais que foram superalimentados (178% das necessidades energéticas calculadas) durante as 8 semanas prévias ao parto apresentavam concentrações mais altas de insulina e glicose durante o pré-parto, maior resposta insulínica ao desafio da glicose durante o pré-parto e concentrações mais altas de NEFA circulante durante o período pós-parto, se comparadas com vacas alimentadas com 75 ou 110% das necessidades energéticas calculadas. Agenes et al (2003) também reportaram que os mesmos animais alimentados com 178% das necessidades energéticas calculadas no pré-parto apresentaram IMS mais baixo e balanço energético negativo mais longo durante o pós-parto, se comparados com os animais dos outros dois tratamentos pré-parto. Mais recentemente, Dann et al. (2006) demonstraram que a superalimentação (150% das necessidades energéticas calculadas) durante o período 'far-off' (período até 3 semanas antes do parto) pode ter aumentado a resistência à insulina quando as vacas se aproximavam do parto, resultando em NEFA e BHBA mais altos, bem como IMS e equilíbrio energético mais baixos, durante os primeiros 10 dias após o parto.

Os resultados de todas estas pesquisas permitiram uma evolução, nos últimos anos, nas recomendações sobre a nutrição energética de vacas leiteiras, seja durante o período 'far-off' como durante o período próximo do parto, com o propósito de atender às necessidades energéticas, sem excedê-las significativamente. Na prática, isto pode ser alcançado mediante a formulação de dietas para o período 'far-off' com conteúdo não superior a 1.30 - 1.35 Mcal/kg de NEL, para alcançar a meta de ingestão de NEL de aproximadamente 15 a 17 Mcal durante este período. Para o período próximo do parto, as recomendações normais mencionadas acima indicam maximizar a IMS e, por tanto, a ingestão de energia. Embora esta seja ainda a realidade para muitos rebanhos, acredita-se que em alguns rebanhos com bom manejo, nos quais as vacas próximas do parto consomem grandes volumes de alimento (>14 kg/dia de matéria seca nos grupos combinados de vacas/novilhas prenhes), tenham aumentado as taxas de distúrbios metabólicos devido à excessiva ingestão energética durante o período próximo do parto. Assim, alguns destes rebanhos obtiveram sucesso na redução da ingestão energética durante o período próximo do parto, em situações de alimentação em grupo, adicionando palha ou outra forragem de baixa energia e baixo conteúdo de potássio, para reduzir a concentração energética total da alimentação. Nossa recomendação seria formular a dieta do período próximo ao parto com aproximadamente 1.45 Mcal/kg de NEL, se o grupo incluir vacas e novilhas, e com aproximadamente 1.38 a 1.40 Mcal/kg de NEL, se o grupo estiver formado por animais maduros e a IMS for alta. Esta alimentação de baixa energia também pode ser uma estratégia positiva para um único grupo de vacas secas, caso o manejo total do rebanho o faça necessário. As dietas formuladas dentro destas faixas permitem garantir a ingestão adequada, porém sem excessos, dentro uma dinâmica de alimentação em grupo e concorrência entre os animais.

Normalmente, as dietas preparadas com combinação de silagem de milho e palha, para formar o componente de forragem da alimentação, incluem entre 2.5 e 4.5 kg de palha triturada, tornando o manejo da alimentação um componente crítico nas dietas ricas em fibras e de baixa energia de vacas secas. De acordo com Drackley (2007), os três componentes chave desta implementação são os seguintes: 1) prevenir a separação dos alimentos; 2) garantir acesso contínuo e livre ao TMR; e 3) excelente monitoramento do conteúdo da matéria seca, bem como atenção aos detalhes. A maioria das dietas deste tipo inclui a adição de água para auxiliar a prevenir a separação dos alimentos. Uma última consideração sobre estes tipos de dieta refere-se à importância de atender às necessidades de proteína metabolizável das vacas, durante o final da gestação. As dietas deste tipo normalmente contêm quantidades mais baixas de carboidratos fermentáveis no rúmen do que as dietas utilizadas nos últimos 10 a 15 anos, e por tanto, fornecem menor quantidade de proteína metabolizável suprida pelas bactérias ruminais. A inclusão de fontes de proteínas não degradáveis

no rúmen, fornecendo um total de proteína metabolizável na faixa de 1,100 a 1,200 g/d é crítica para o desempenho no início da lactação e o sucesso em geral.

RESUMO E CONCLUSÕES

O sucesso dos programas de vacas em transição depende de excelente manejo em várias áreas diferentes. Tem aumentado nosso conhecimento sobre a forma pela qual a regulação metabólica sustenta as mudanças que ocorrem no metabolismo energético das vacas durante o período de transição, e este conhecimento agrega novo potencial de oportunidades para melhorar a saúde e o desempenho das vacas em transição. O controle da ingestão energética das vacas durante o período do pré-parto (tanto no período ‘far-off’ como no período próximo ao parto) representa fator importante no manejo nutricional das vacas em transição, assim como também é de fundamental importância controlar os aspectos dos macrominerais na alimentação do préparto. Embora não tenha sido o foco do presente trabalho, a gestão dos fatores não nutricionais (taxa de lotação, manejo do grupo, controle ambiental) também representa um componente crítico das estratégias alimentarias, para o sucesso do período de transição.

REFERÊNCIAS

- Agenas, S., E. Burstedt, and K. Holtenius. 2003. Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 86:870-882.
- Allen, M. S., B. J. Bradford, and K. J. Harvatine. 2005. The cow as a model to study food intake regulation. *Ann. Rev. Nutr.* 25:523-547.
- Bauman, D. E., and W. B. Currie. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63:1514-1529.
- Bauman, D. E. and J. M. Elliot. 1983. Control of nutrient partitioning in lactating ruminants. In *Biochemistry of Lactation*. T. B. Mepham (ed.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, NL, pp. 437-468.
- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73:2804-2819.
- Burhans, W. S., A. W. Bell, R. Nadeau, and J. R. Knapp. 2003. Factors associated with transition cow ketosis incidence in selected New England herds. *J. Dairy Sci.* 86(Suppl. 1):247. (Abstr.)
- Dann, H. M., N. B. Litherland, J. P. Underwood, M. Bionaz, A. D’Angelo, J. W. McFadden, and J. K. Drackley. 2006. Diets during ‘far-off’ and close-up dry periods affect periparturient metabolism and lactation in multiparous cows. *J. Dairy Sci.* 89:3563-3577.
- Douglas, G. N., T. R. Overton, H. G. Bateman II, H. M. Dann, and J. K. Drackley. 2006. Prepartal plane of nutrition, regardless of dietary energy source, affects periparturient metabolism and dry matter intake in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 89:2141-2157.
- Drackley, J. K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci.* 82: 2259-2273.
- Drackley, J. K. 2007. Energy for dry and transition cows revisited. *Proceedings, 8th Fall Dairy Conference. PRO-DAIRY and College of Veterinary Medicine, Cornell University, Ithaca, NY.* pp. 69-78.
- Drackley, J. K., and N. A. Janovick-Guretzky. 2007. Controlled energy diets for dry cows. *Proceedings, 8th Western Dairy Management Conference, Reno, NV. Oregon State Univ., Corvallis,* pp. 7-16.

- Dyk, P. B. 1995. The association of prepartum non-esterified fatty acids and body condition with peripartum health problems on 95 Michigan dairy farms. M. S. Thesis, Michigan State University, East Lansing.
- Goff, J.P., and R.L. Horst. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80:1260-1268.
- Grum, D. E., J. K. Drackley, R. S. Younker, D. W. LaCount, and J. J. Veenhuizen. 1996. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:1850-1864.
- Grummer, R. R. 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3882-3896.
- Grummer, R.R. 1995. Impact in changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition cow. *J. Anim. Sci.* 73:2820- 2833.
- Holcomb, C. S., H. H. Van Horn, H. H. Head, M. B. Hall, and C. J. Wilcox. 2001. Effects of prepartum dry matter intake and forage percentage on postpartum performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:2051-2058.
- Holtenius, K., S. Agenas, C. Delavaud, and Y. Chilliard. 2003. Effects of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *J. Dairy Sci.* 86:883-891.
- Mashek, D. G., and R. R. Grummer. 2003. The ups and downs of feed intake in prefresh cows. *Proc. Four-State Nutr. Conf. LaCrosse, WI. Midwest Plan Service publication MWPS-4SD16.* pp. 153-158.
- National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Overton, T.R., and M.R. Waldron. 2004. Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. *J. Dairy Sci.* 87(E. Suppl.):E105-E119.
- Petterson, J. A., F. R. Dunshea, R. A. Ehrhardt, and A. W. Bell. 1993. Pregnancy and undernutrition alter glucose metabolic responses to insulin in sheep. *J. Nutr.* 123:1286-1295.
- Petterson, J. A., R. Slepatis, R. A. Ehrhardt, F. R. Dunshea, and A. W. Bell. 1994. Pregnancy but not moderate undernutrition attenuates insulin suppression of fat mobilization in sheep. *J. Nutr.* 124:2431-2436.
- Reynolds, C. K., P. C. Aikman, B. Lupoli, D. J. Humphries, and D. E. Beever. 2003. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J. Dairy Sci.* 86:1201-1217.
- Smith, K. L. 2004. Effects of prepartum carbohydrate source and chromium supplementation in dairy cows during the periparturient period. M. S. Thesis. Cornell Univ., Ithaca, NY.
- Smith, K. L. 2008. Homeorhetic regulation in periparturient dairy cows: Potential for modulation of insulin resistance. Ph.D. Dissertation. Cornell Univ, Ithaca, NY.
- Smith, K. L., A. K. Rauf, B. C. Benefield, A. W. Bell and T. R. Overton. 2006. Responses of tissues to insulin as affected by homeorhetic state in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89(Suppl. 1):352 (Abstr.).
- Smith, K. L., S. E. Stebulis, M. R. Waldron, and T. R. Overton. 2007. Prepartum 2,4-thiazolidinedione alters metabolic dynamics and dry matter intake of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:3660-3670.

METAS GERAIS PARA A FORMULAÇÃO DA DIETA DE VACAS PRÓXIMAS DO PARTO E SISTEMAS COM UM ÚNICO GRUPO DE VACAS SECAS ATÉ 40 DIAS.

	Parcialmente aniônicas	Totalmente aniônicas
• NE _L , Mcal/lb	0,64 a 0,66	
• NE _L , Mcal/kg	1,40 a 1,45	
• Proteína metabolizável g/d	1100 a 1200	
• NFC, %	28 a 32	
• Amido, %	16 a 19	
• Ca da dieta, g/d	100	140
• Ca da dieta, %	0,9 a 1,0	1,2
• P da dieta, %	0,30 a 0,35	
• Mg, %	0,40 a 0,42	
• Cl, %	0,3	0,8 a 1,2
• K, %	< 1,3	< 1,3
• Na, %	0,10 a 0,15	
• S, %	0,20	0,3 a 0,4
• Adição de Se, ppm (orgânico)	0,3	
• Vitamina A (IU/d)	100000	100000
• Vitamina D (IU/d)	30000	30000
• Vitamina E (IU/d)	1800	1800

Prefere-se o uso de oligoelementos orgânicos, incluindo Se orgânico.