

Manipulação nutricional do balanço energético pós-parto e o impacto sobre a fertilidade

Phil Garnsworthy

Division of Animal Sciences, University of Nottingham School of Biosciences, Sutton Bonington Campus, Loughborough LE12 5RD, UK

Phil.Garnsworthy@nottingham.ac.uk

Introdução

As vacas leiteiras de alta produção geralmente estão em balanço energético negativo durante as primeiras semanas de lactação, quando o nível de energia no leite ultrapassa a ingestão de energia obtida da dieta. Como consequência, as reservas de gordura do organismo são mobilizadas para cobrir o déficit energético. Muitos estudos já demonstraram que a rápida mobilização das reservas de gordura está associada, em vacas leiteiras, a problemas de saúde e de fertilidade. Assim sendo, é desejável minimizar a amplitude e a duração do balanço energético negativo. Isto não é fácil de conseguir manipulando as dietas de lactação porque, como será discutido mais adiante, a vaca tem um impulso biológico para mobilizar a gordura corporal. A estratégia mais bem sucedida para minimizar o balanço energético negativo é a manipulação do escore de condição corporal (ECC) ao parto, que influencia o consumo de ração e a produção de leite durante o restante da lactação (Garnsworthy, 2006).

Escore de condição corporal, ingestão de matéria seca e balanço energético

As reservas de gordura do organismo desempenham importante papel biológico no início da lactação, quando ela direciona a energia principalmente para a produção de leite. Estudos realizados na década de 80 mostraram que a gordura corporal tem efeito de feedback negativo sobre o consumo de ração. Em dois experimentos, Garnsworthy & Topps (1982) estudaram vacas com ECC (escala de 1 a 4) ao parto de 1,7 (Magra), 2,7 (Média) ou 3,7 (Gorda). Depois do parto, todas as vacas receberam *ad libitum* uma ração mista total (TMR) com alto teor de energia. Não houve efeito do ECC ao parto sobre a produção de leite. Ao longo das primeiras 12 semanas de lactação, as vacas que estavam gordas ao parto perderam 0,9-1,0 unidades de ECC; vacas com ECC médio ao parto perderam 0,5-0,6 Unidades de ECC; vacas que estavam magras ao parto ganharam 0,4-0,5 Unidades de ECC. O ECC tendeu a convergir para 2,5 nas semanas 12-15 da lactação (Figura 1a), sugerindo que as vacas têm um ECC alvo que procuram alcançar no início da lactação. Em todos os grupos de vacas, a produção de leite alcançou o pico na semana 6 da lactação (Figura 1b). A ingestão máxima de matéria seca foi alcançada na semana 15 para as vacas gordas, na semana 11 para as vacas médias e na semana 9 para as vacas magras (Figura 1c). Isto sugeriu que o consumo de ração foi controlado por mecanismos fisiológicos de feedback e que o nível de gordura corporal tem efeito direto sobre o consumo de ração.

Posteriormente foi estabelecido que a leptina é o mecanismo de feedback mais provável (Vernon et al., 2001), ainda que o sistema regulatório geral seja complexo. Além de seus efeitos sobre o consumo de ração, verificou-se que a leptina modula a transferência e a partição de nutrientes pela interação com outros hormônios, incluindo insulina, glucagon, glicocorticoides, hormônio de crescimento, fator de crescimento I semelhante à insulina, citocinas e hormônios da tireoide (Hill, 2004). Também foi demonstrado que outros fatores secretados pelo tecido adiposo (fator de necrose tumoral α e resistina) interagem com a leptina na regulação da adiposidade (Vernon et al., 2001).

Numerosos estudos (revisados por Garnsworthy, 1988; Broster & Broster, 1998; Stockdale, 2001; Garnsworthy, 2006) confirmam a forte relação negativa entre o ECC ao parto e as

mudanças no ECC durante o início da lactação, ainda que a inclinação da relação seja menor em estudos recentes (Figura 2). Cada vaca leiteira individual tem um ECC alvo geneticamente programado, que ela procura alcançar cerca de 10 a 12 semanas depois do parto. Se o seu ECC estiver acima deste alvo, o consumo de ração é reduzido e ela perde condição corporal. Se o seu ECC estiver abaixo deste alvo, o consumo de ração é aumentado e ela ganha condição corporal. O impulso biológico para que uma vaca alcance o ECC alvo parece ser tão forte quanto o impulso geneticamente programado para alcançar o pico de produção de leite. A filosofia de fazer com que as vacas estejam em ‘boa condição’ ao parto é, portanto, contra produtivo. Ao invés de um alto ECC ao parto compensar o baixo consumo de ração no início da lactação, o ECC reduz ainda mais o consumo de ração e exacerba o balanço energético negativo.

Escore de condição corporal e interações com a dieta

A relação entre ECC ao parto e alteração no ECC durante a fase inicial da lactação é mantida em todos os sistemas de alimentação. Estudos revisados por Garnsworthy (1988) e Broster & Broster (1998) incluíram vacas arraçadas com TMR, feno mais concentrados e silagem à vontade. Stockdale (2001) ampliou a revisão incluindo estudos de pastejo, confirmando que as vacas que pastejam apresentam a mesma relação forte. Contudo, a habilidade das vacas de alcançarem seu ECC alvo é afetada pela composição da dieta.

Com dietas de alto valor energético, as vacas magras podem estar em balanço energético positivo e aumentar ECC, mas as vacas gordas estarão em balanço energético negativo e diminuirão o ECC. Com dietas de baixo valor energético, o consumo de ração é limitado pela capacidade física do rúmen e as vacas magras não podem aumentar o consumo energético para se equiparar ao nível de energia do leite; as vacas gordas mobilizam a condição corporal mais rapidamente para dar suporte à produção de leite e estão em balanço energético negativo por mais tempo com dietas de alto teor de energia (Jones & Garnsworthy, 1989). Existe a possibilidade de reduzir a perda de ECC de vacas gordas aumentando a concentração de energia da dieta: Chilliard et al. (1991) verificou que vacas que recebiam 1,5 kg/d de suplemento extra de concentrado perderam 0,1 unidades de ECC a menos durante as primeiras 8 semanas de lactação; Mao (2004) relatou que vacas em um plano nutricional normal perderam 0,2 unidades de ECC a menos do que vacas em um plano nutricional baixo.

Dietas ricas em proteína resultaram em maior perda de condição corporal nas vacas gordas, mas aumentaram o ganho de ECC ou diminuíram a perda de ECC nas vacas magras que usam o excesso de proteína para a gliconeogênese (Garnsworthy & Jones, 1987; Jones & Garnsworthy, 1988). Dietas com baixo teor de fibra e ricas em amido aumentaram o ganho de ECC nas vacas magras e diminuíram a perda de ECC nas vacas gorda, provavelmente por aumentarem o status da insulina (Garnsworthy & Jones, 1993). Dietas ricas em gordura diminuem a perda de ECC nas vacas gordas, mas não afetam a alteração do ECC nas vacas magras (Garnsworthy & Huggett, 1992). Uma dieta com altas concentrações de gordura e de proteína, entretanto, pode resultar em perdas maiores de gordura corporal do que as dietas que têm alto teor de apenas um destes componentes (Beever et al., 2004).

Balanço energético, saúde e reprodução

Vacas excessivamente gordas ao parto têm maior probabilidade de desenvolver esteatose hepática e cetose, porque um ECC elevado diminui bastante o apetite e a gordura corporal é mobilizada rápido demais (Reid et al., 1986). Estas vacas apresentam grave balanço energético negativo, baixo desempenho reprodutivo e maior incidência de doenças (Treacher et al., 1986). O risco de esteatose hepática aumenta de forma considerável quando o ECC está

acima de 3,5 ao parto (Treacher et al., 1986; Jorritsma et al., 2001). Gillund et al. (2001) verificou que as vacas que tinham um ECC de 3,5 ou maior ao parto, tinham um risco de 2,3 a 2,8 vezes maior de apresentar cetose do que as vacas com um ECC de 3,25 ou menor. Outros problemas de doenças também foram relacionados ao ECC. As relações são variáveis e inconsistentes, mas a perda excessiva de ECC durante o período seco ou no início da lactação, baixo ECC no período de secagem do leite e alto ECC ao parto estiveram associados a maior risco de distocia, retenção de placenta, metrite, febre do leite, mastite e claudicação (consultar, por exemplo: Treacher et al., 1986; Gearhart et al., 1990; Markusfeld, 1997).

Mesmo os níveis moderados de mobilização de gordura estão associados a balanço energético negativo e redução da fertilidade. Diversos estudos mostraram que alto mérito genético, balanço energético negativo, mobilização da gordura corporal, altos níveis plasmáticos de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e baixos níveis plasmáticos de insulina estão associados com retardo na primeira ovulação após o parto e redução das taxas de prenhez (consultar as revisões por Garnsworthy & Webb, 1999; Butler, 2003; Pryce et al., 2004; Butler, 2005). Butler (2005) relatou que vacas perdendo menos de 0,5 ECC ao longo dos primeiros 30 dias após o parto levaram, em média, 30 dias do parto até a primeira ovulação; as vacas perdendo de 0,5 a 1,0 ECC levaram 36 dias; vacas perdendo mais de 1,0 ECC levaram 50 dias. Bouchier et al. (1987) fizeram um levantamento com 2000 vacas de rebanhos de alta produção e verificaram um efeito significativo da alteração do ECC sobre a taxa de concepção na primeira cobertura: as vacas que ganharam condição durante as primeiras 12 semanas de lactação tiveram uma taxa de concepção de 67%; vacas perdendo de 0,5 a 1,0 ECC tiveram uma taxa de concepção de 55%; vacas perdendo mais de 1,0 ECC tiveram uma taxa de concepção de 47%. Uma relação similar foi encontrada por Butler (2005), que concluiu com base em diversos estudos que a taxa de concepção diminui 10% por 0,5 unidade de ECC perdida. Ao revisar os mecanismos fisiológicos, Butler (2003) relatou que o balanço energético negativo está fortemente associado com a atenuação da frequência dos pulsos de LH e baixos níveis de glicemia, insulina e IGF-I no sangue que, coletivamente, limitam a produção de estrogênio pelos folículos dominantes; com diminuição da qualidade dos ovócitos e competência para o desenvolvimento embrionário; e com concentrações séricas de progesterona reduzidas.

Lopez-Gatius et al. (2003) realizaram uma meta-análise de 15 trabalhos, correspondendo a quase 8 mil vacas, para examinar as relações entre ECC e desempenho reprodutivo. Em comparação com as vacas que perdem de 0 a 0,5 ECC, as vacas que perdem de 0,5 a 1,0 ECC levaram 3,5 dias a mais para conceber, e as vacas perdendo mais de 1,0 ECC levaram 10,6 dias a mais para conceber. As vacas que ganharam ECC levaram 3,7 dias a menos para conceber.

Balanço energético e mérito genético

O impulso biológico para que uma vaca alcance o ECC alvo parece ser tão forte quanto o impulso geneticamente programado para alcançar o pico de produção de leite. Também parece que o ECC biológico alvo é determinado pela genética. Em estudo clássico relatado por Holmes (1988), vacas de alto mérito genético mostraram um ECC alvo mais baixo do que as vacas de baixo mérito genético. Os dois grupos conseguiram alcançar seus alvos, quer tivessem um ECC alto ou baixo no momento do parto (Figura 3).

Jones et al. (1999) encontraram diferenças fenotípicas e genéticas entre touros com relação à forma das curvas de ECC seguidas por suas filhas (Figura 4). Estes dados sugerem que deve

ser possível selecionar touros com base nas curvas de ECC de suas filhas, mas ainda é preciso determinar se as curvas genéticas de ECC estão relacionadas com a fertilidade.

Dechow et al. (2002) examinaram as correlações entre ECC e perda de ECC nos registros de 310 mil lactações. Fenotipicamente, aumento no ECC ao parto estava associado a maior perda de ECC na fase inicial da lactação, como era esperado se as vacas estiverem tentando alcançar os alvos biológicos para o ECC. Geneticamente, entretanto, o ECC mais elevado ao parto estava correlacionado com menor perda de ECC durante a fase inicial da lactação. Em outras palavras, as condições de manejo que aumentaram o ECC ao parto resultaram em maior perda de ECC, mas geneticamente as vacas gordas mantêm o ECC na fase inicial da lactação. Diferenças entre as relações fenotípicas e genéticas também são observadas para as características de fertilidade e ECC (Pryce et al., 2001).

Este resultados fenotípicos e genéticos conflitantes enfatizam a importância de distinguir entre a gordura genética e a gordura fenotípica, quando se procura controlar o balanço energético através da manipulação do ECC. Por isso, o ECC ao parto precisa ser avaliado em relação ao alvo genético da vaca.

Escore de condição corporal na fase mais tardia da lactação e no período seco

O balanço energético negativo pode ser parcialmente reduzido pelo plano nutricional durante a fase inicial da lactação. Contudo, benefícios muito maiores podem ser alcançados controlando o ECC durante a fase intermediária e a fase final da lactação e o período seco. Nestas duas fases da lactação, o ECC geralmente aumenta (como em Mao et al., 2004), mas algumas vezes é mantido nos níveis alvo (como em Yan et al., 2006), e poderia diminuir se o suprimento de ração for restringido (como em Pryce & Harris, 2006). Não está claro se o ECC geralmente aumenta no final da lactação porque os ECCs alvo variam com o estágio da lactação, o sinal de feedback está infra-regulado, ou diferentes restrições passam a ser prioritárias. A diminuição na produção de leite, acoplada a um consumo relativamente elevado de matéria seca, levaria a aumentos no status da insulina. Aumentando a insulina, o depósito de gordura corporal estaria estimulado, mas o feedback da leptina e os fatores a ela associados teriam um efeito retardado sobre o consumo de matéria seca (Chilliard et al., 2001).

É mais provável que o ECC aumente durante o período seco do que durante lactação, porque a insulina plasmática está consideravelmente mais elevada nas vacas secas (Grum et al., 1996). Por esta razão, os produtores que querem aumentar o ECC das vacas que estão magras no período de secagem muitas vezes alimentam as vacas secas acima de seus requerimentos para manutenção e prenhez. Por outro lado, vacas com ECC elevado no período de secagem muitas vezes são alimentadas em plano nutricional baixo, para que a gordura corporal seja mobilizada no final da prenhez. Estas práticas deveriam ser evitadas. Não há nenhum benefício em ter um ECC mais alto no momento do parto, o que irá aumentar balanço energético negativo e a susceptibilidade a doenças. Vacas que perdem ECC durante o período seco têm maior tendência a distocia (Gearhart et al., 1990; Keady et al., 2005) e têm uma tendência maior a serem descartadas na lactação subsequente (Gearhart et al., 1990). A melhor estratégia é monitorar o ECC no final da lactação e assegurar que a vaca tenha o ECC desejado ao parto quando é feita a secagem do leite.

Escores de condição corporal alvos para produção e fertilidade

A relação entre o ECC ao parto e a mudança no ECC durante as primeiras 10-12 semanas de lactação é similar à vista 20 anos atrás (Figura 2). O ECC ao parto previsto para não sofrer alteração na fase inicial da lactação diminuiu de 2,49 nos estudos mais antigos para 2,10 em

estudos recentes. Uma perda de 0,5 unidades de ECC é considerada como aceitável e proporciona uma margem de segurança para permitir a inclusão da variação entre vacas de um mesmo rebanho. Por isso, a recomendação é que o ECC ao parto deve estar na faixa entre 2,5 e 3,0, de forma a minimizar o balanço energético negativo.

Conclusões

As alterações no ECC durante a fase inicial da lactação enfatizam o papel da gordura corporal no controle do consumo de ração e do balanço energético. A forte relação entre o ECC ao parto e as alterações no ECC proporcionam evidência de que as vacas têm um ECC alvo na fase inicial da lactação. As vacas que estão acima de seu ECC alvo mobilizam gordura corporal; as vacas que estão abaixo de seu ECC alvo ganham gordura corporal. A velocidade com que uma vaca muda seu ECC para atingir seu alvo é afetada pela composição da dieta, bem como pelo seu ECC atual. Dietas pobres em energia e ricas em proteína aumentam a perda de ECC em vacas que estão acima do ECC alvo. Dietas pobres em energia reduzem o ganho de ECC em vacas que estão abaixo do ECC alvo.

Na fase inicial da lactação, vacas de elevado mérito genético têm maior probabilidade de apresentar um balanço energético negativo mais profundo e mais prolongado. O balanço energético negativo é indesejável porque reduz o desempenho reprodutivo e aumenta a susceptibilidade a doenças. Por isso, os ganhos financeiros de curto prazo com a produção extra de leite por vacas que estão gordas ao parto serão acompanhados por perdas financeiras de longo prazo por causa do descarte prematuro destas vacas. Mudanças no ECC durante o período seco são indesejáveis, de tal forma que o ECC deve ser monitorado e ajustado na fase final da lactação para assegurar que as vacas sejam submetidas à secagem do leite com um ECC apropriado para o parto.

Para reduzir o impacto do balanço energético negativo sobre a saúde e o desempenho da vaca, o ECC ao parto não deve ser maior de 0,5 unidade acima do ECC alvo da vaca. Vacas de baixo mérito genético para produção de leite (ECC alvo 2,5-3,0) devem parir com ECC de 3,0 ou menos; vacas de alto mérito genético para produção de leite (ECC alvo 2,0-2,25) devem parir com ECC de 2,75 ou menos. A mensagem mais importante para os produtores é que aumentar o ECC ao parto exacerba os problemas de balanço energético negativo ao invés de superá-los.

Referências bibliográficas

- Beever, D.E., Wathes, D.C. and Taylor, V.J. (2004). Nutritional implications on the fertility of high yielding dairy cows. *Cattle Practice*, **12**, 31-39.
- Bernabucci, U., Ronchi, B., Lacetera, N. and Nardone, A. (2005). Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **88**, 2017–2026.
- Bourchier, C.P., Garnsworthy, P.C, Hutchinson, J.M. And Benton, T.A. (1987) The relationship between milk yield, body condition and reproductive performance in high-yielding dairy cows. *Animal Production*, **44**, 460.
- Broster, W.H. and Broster, V.J. (1998). Body score of dairy cows. *Journal of Dairy Research*, **65**, 155–173.
- Butler, W.R. (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science*, **83**, 211-218.
- Butler, W.R. (2005). Nutrition, negative energy balance and fertility in the postpartum dairy cow. *Cattle Practice*, **13**, 13-18.

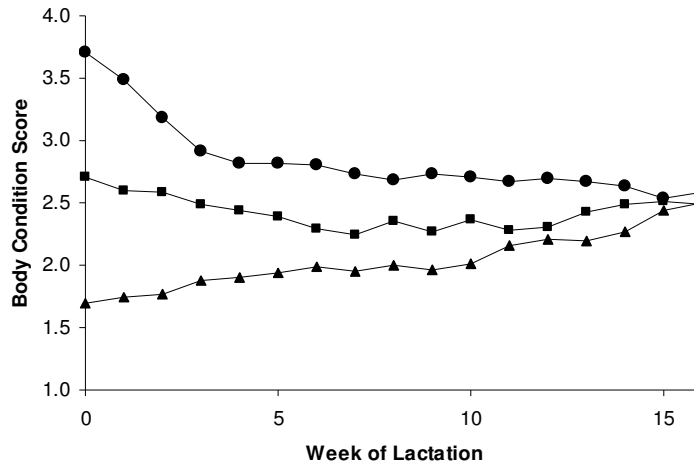
- Chilliard, Y., Bonnet, M., Delavaud, C., Faulconnier, Y., Leroux, C., Djiane, J., and Bocquier F. (2001). Leptin in ruminants. Gene expression in adipose tissue and mammary gland, and regulation of plasma concentration. *Domestic Animal Endocrinology*, **21**, 271–295.
- Chilliard, Y., Cissé, M., Lefaivre, R. and Reyond, B. (1991). Body composition of dairy cows according to lactation stage, somatotropin treatment, and concentrate supplementation. *Journal of Dairy Science*, **74**, 3103–3116.
- Dechow, C.D., Rogers, G.W. and Clay, J.S. (2002). Heritability and correlations among body condition score loss, body condition score, production traits and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, **85**, 3062–3070.
- Jorritsma, R., Jorritsma, H., Schukken, Y.H., Bartlett, P.C., Wensing, T. and Wentink, G.H. (2001). Prevalence and indicators of post partum fatty infiltration of the liver in nine commercial dairy herds in the Netherlands. *Livestock Production Science*, **68**, 53-60.
- Garnsworthy, P.C. (1988). The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows. In *Nutrition and Lactation in the Dairy Cow* (Ed. P. C. Garnsworthy). pp. 157-170. Butterworths, London, UK.
- Garnsworthy, P.C. and Huggett, C.D. (1992). The influence of the fat concentration of the diet on the response by dairy-cows to body condition at calving. *Animal Production*, **54**, 7-13.
- Garnsworthy, P.C. and Jones, G.P. (1987). The influence of body condition at calving and dietary protein supply on voluntary food intake and performance in dairy cows. *Animal Production*, **44**, 347-353.
- Garnsworthy, P.C. and Jones, G.P. (1993). The effects of dietary fibre and starch concentrations on the response by dairy-cows to body condition at calving. *Animal Production*, **57**, 15-21.
- Garnsworthy, P.C. and Topps, J.H. (1982). The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Animal Production*, **35**, 113-119.
- Garnsworthy, P.C. and Webb, R. (1999) The Influence of nutrition on fertility in dairy cows. In *Recent Advances in Animal Nutrition - 1999* (Eds P.C. Garnsworthy and J. Wiseman), 39-57, Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Gearhart, M.A., Curtis, C.R., Erb, H.N., Smith, R.D., Sniffen, C.J. Chase, L.E. and Cooper, M.D. (1990). Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, **73**, 3132-3140.
- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y. T. and Karlberg, K. (2001). Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **84**, 1390–1396.
- Grainger, C., Wilhelms, G.D. and McGowan, A.A. (1982). Effect of body condition at calving and level of feeding in early lactation on milk production of dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, **22**, 9–17.
- Grum, D.E., Drackley, J.K., Younker, R.S., Lacount, D.W. and Veenhuizen, J.J. (1996). Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **79**, 1850–1864.
- Hill, R.A. (2004). The role of the leptin axis in modulating energy partitioning and nutrient utilisation in livestock species. In *Recent Advances in Animal Nutrition - 2004* (Eds P.C. Garnsworthy and J. Wiseman), 149-184. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Holmes, C.W. (1988). Genetic merit and efficiency of milk production by the dairy cow. In *Nutrition and Lactation in the Dairy Cow* (Ed. P. C. Garnsworthy). pp. 195-215. Butterworths, London, UK.

- Horan, B., Dillon, P., Faverdin, P., Delaby, L., Buckley, F. and Rath, M. (2005). The interaction of strain of Holstein-Friesian cows and pasture-based feed systems on milk yield, body weight, and body condition score. *Journal of Dairy Science*, **88**, 1231–1243.
- Jones, G.P. and Garnsworthy, P.C. (1988). The effects of body condition at calving and dietary protein content on dry matter intake and performance in lactating dairy cows given diets of low energy content. *Animal Production*, **47**, 321–333.
- Jones, G.P. and Garnsworthy, P.C. (1989). Effects of dietary energy content on the response of dairy cows to body condition at calving. *Animal Production*, **49**, 183–191.
- Jones, H.E., White, I.M.S. and Brotherstone, S. (1999). Genetic evaluation of Holstein-Friesian sires for daughter condition-score changes using random regression model. *Animal Science*, **68**, 467–475.
- Keady, T.W.J., Mayne, C.S., Kilpatrick, D.J. and McCoy, M.A. (2005). Effect of level and source of nutrients in late gestation on subsequent milk yield and composition and fertility of dairy cows. *Livestock Production Science*, **94**, 237–248.
- Land, C. and Leaver, J.D. (1980). The effect of body condition at calving on the milk production and feed intake of dairy cows. *Animal Production*, **30**, 449 (Abstract).
- Land, C. and Leaver, J.D. (1981). The effect of body condition at calving on the production of Friesian cows and heifers. *Animal Production*, **32**, 362–363 (Abstract).
- Lopez-Gatius, F., Yaniz, J. and Madriles-Helm, D. (2003). Effects of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology*, **59**, 801–812.
- MacMillan, K.L., Bryant, A.M. and Duganzich, D.M. (1982). Production differences associated with body condition score at calving and production index among cows in commercial herds. In *Proceedings of the Conference on Dairy Production from Pasture*. (Eds K.L. Macmillan and V.K. Taufa) pp. 174–175. Clark and Matheson Ltd, Hamilton, New Zealand [Cited by Stockdale, 2001].
- Mao, I.L., Sloniewski, K., Madsen, P. and Jensen, J. (2004). Changes in body condition score and in its genetic variation during lactation. *Livestock Production Science*, **89**, 55–65.
- Markusfeld, O., Galon, N. and Ezra, E. (1997). Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Veterinary Record*, **141**, 67–72.
- Meikle, A., Kulcsar, M., Chilliard, Y., Febel, H., Delavaud, C., Cavestany, D. and Chilbroste, P. (2004). Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction*, **127**, 727–737.
- Pryce, J.E., Coffey, M.P. and Simm, G. (2001). The relationship between body condition score and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, **84**, 1508–1515.
- Pryce, J.E. and Harris, B.L. (2006). Genetics of body condition score in New Zealand dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **89**, 4424–4432.
- Pryce, J.E., Royal, M.D., Garnsworthy, P.C. and Mao I.L. (2004) Fertility in the high producing dairy cow. *Livestock Production Science*, **86**, 125–135.
- Reid, I.M., Roberts, C.J., Treacher, R.J. and Williams, L.A. (1986). Effect of body condition at calving on tissue mobilization, development of fatty liver and blood chemistry of dairy cows. *Animal Production*, **43**, 7–15.
- Reist, M., Erdin, D., von Euw, D., Tschuemperlin, K., Leuenberger, H., Delavaud, C., Chilliard, Y., Hammon, H.M., Kuenzi, N. and Blum, J.W. (2003). Concentrate feeding strategy in lactating dairy cows: metabolic and endocrine changes with emphasis on leptin. *Journal of Dairy Science*, **86**, 1690–1706.
- Roche, J.R., Berry, D.P. and Kolver, E.S. (2006). Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **89**, 3532–3543.

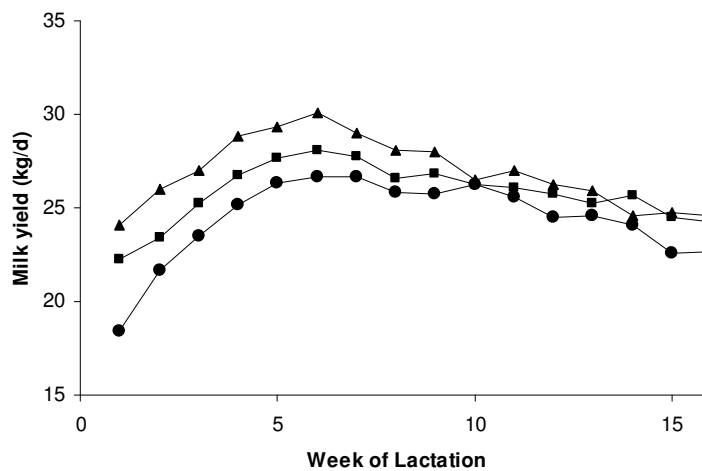
- Stockdale, C.R. (2000). Differences in body condition and body size affect the responses of grazing dairy cows to high-energy supplements in early lactation. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **40**, 903–911.
- Stockdale, C.R. (2001). Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian conditions: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2001, **41**, 823–839.
- Stockdale, C.R. (2004). Effects of level of feeding of concentrates during early lactation on the yield and composition of milk from grazing dairy cows with varying body condition score at calving. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **44**, 1-9.
- Stockdale, C.R. (2005). Investigating the interaction between body condition at calving and pre-calving energy and protein nutrition on the early lactation performance of dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **45**, 1507-1518.
- Treacher, R.J., Reid, I.M. and Roberts, C.J. (1986). Effect of body condition at calving on the health and performance of dairy cows. *Animal Production*, **43**, 1–6.
- Vernon, R.G., Denis, R.G.P. and Sørensen, A. (2001). Signals of adiposity. *Domestic Animal Endocrinology*, **21**, 197–214.
- Wright, I.A. and Russel, A.J.F. (1984). Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. *Animal Production*, **38**, 23–32.
- Yan, T., Mayne, C.S., Keady, T.W.J. and Agnew, R.E. (2006). Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. *Journal of Dairy Science*, **89**, 1031–1042.

Figura 1. Alterações no ECC (a), produção de leite (b) e consumo de matéria seca (c) de vacas com ECC (escala de 1-4) ao parto >3,5 (●), 2,5 – 3,0 (■), ou <2,0 (▲). Os dados são as médias combinadas dos Experimentos 1 e 2 de Garnsworthy & Topps (1982).

(a)



(b)



(c)

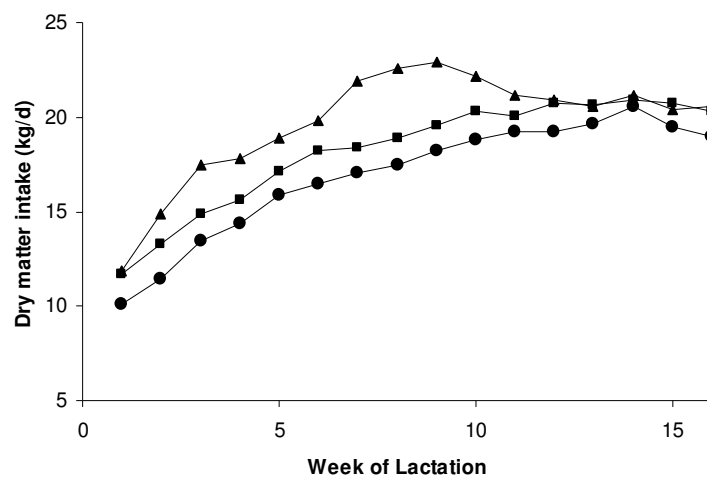


Figura 2. Relação entre ECC ao parto e mudança no ECC ao longo das primeiras 10-12 semanas de lactação em estudos publicados no período 1980 – 1993 (◆), comparados com estudos publicados no período 2000 – 2006 (●). As linhas verticais pontilhadas mostram o ECC ao parto que resulta em alteração zero no ECC, que caiu de 2,49 em estudos anteriores para 2,10 em estudos recentes. De Garnsworthy (2006). Os dados são médias de grupo (convertidas para uma escala 1 – 5) de Bernabucci et al. (2005), Bourchier et al. (1987), Garnsworthy & Huggett (1992), Garnsworthy & Jones (1987; 1993), Garnsworthy & Topps (1982), Garnsworthy, Webb, et al. (2006: não publicado), Grainger et al. (1982), Horan (2005), Jones & Garnsworthy (1988; 1989), Lactera et al. (2005), Land & Leaver (1980; 1981), MacMillan et al. (1982), Meikle et al. (2004), Reist et al. (2003), Roche et al. (2006), Stockdale (2000; 2004; 2005), Treacher et al. (1986), Yan et al. (2006).

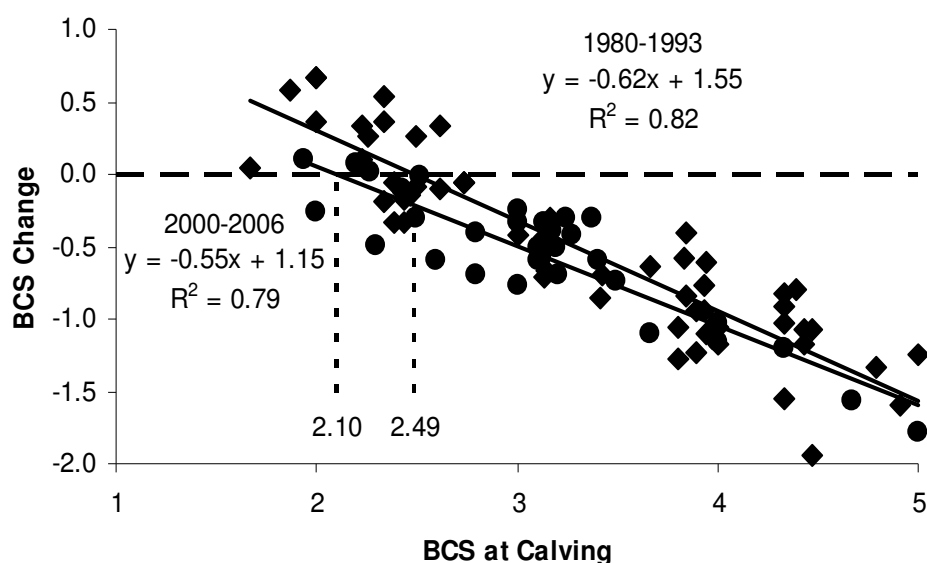


Figura 3. Alterações no ECC de vacas de alto (linhas contínuas) ou baixo (linhas pontilhadas) mérito genético, com ECC ao parto alto (●) ou baixo (▲). Os dados são de Holmes (1988) e foram convertidos para uma escala de ECC a – 5.

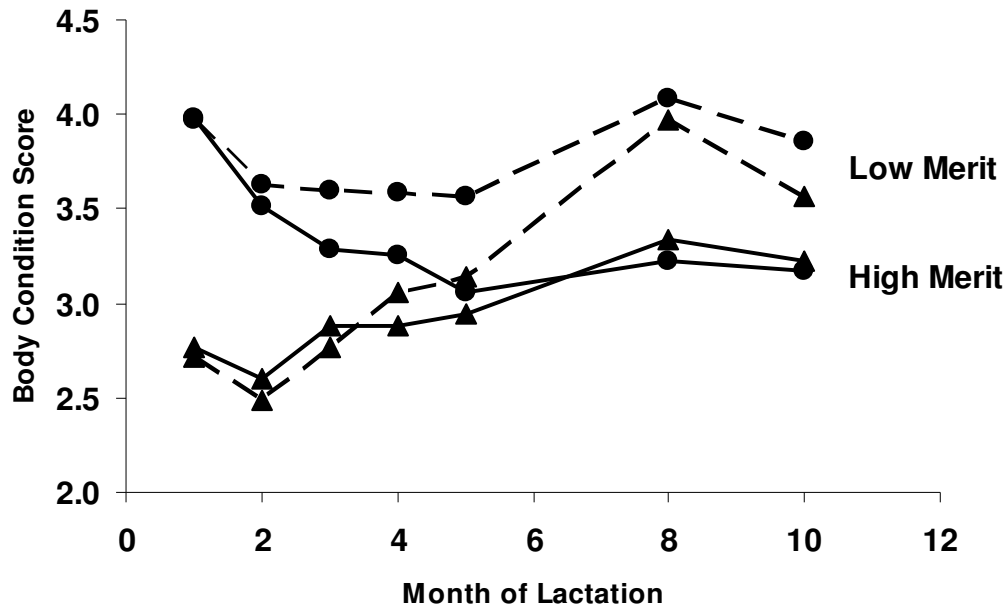


Figura 4. Alterações no ECC durante a lactação de filhas de três touros. As curvas são derivadas de coeficientes de regressão cúbica dos valores de ECC das filhas. Os dados são de Jones et al. (1999), convertidos para uma escala 1 – 5.

