

CAPÍTULO 6

Tópicos avançados em reprodução de bovinos leiteiros

Bruno Campos de Carvalho, Gustavo Bervian dos Santos, Fabiana Cristina Varago, Maria de Fátima Ávila Pires, Marcos Wilson Vargas, Fernanda Samarini Machado, Mariana Magalhães Campos

Introdução

A atividade leiteira no mundo tem se caracterizado por uma concentração da produção. Redução do número de propriedades, aumento no número de vacas ordenhadas e aumento da produtividade individual das vacas, são fatores que caracterizam essa concentração (RUTTEN et al., 2013) Essa tendência mundial, contudo, tem trazido reflexos sobre a eficiência reprodutiva de vacas leiteiras, o que tem sido objeto de estudo em vários países, como Austrália, Irlanda e EUA (BUTLER, 2008; TEAGASC, 2012; WOOLASTON E SHEPHERD, 2012)

O manejo reprodutivo tem como objetivo principal o restabelecimento da lactação e a maximização da eficiência na conversão dos alimentos. Durante a vida de uma vaca, o terço inicial de lactação é aquele em que há maior eficiência energética, além da alta produção de leite, a vaca tem um consumo de matéria seca crescente, de forma que a mobilização de reservas corporais supre a diferença entre a energia requerida para a produção de leite e aquela ingerida dos alimentos (MACMILLAN, 1999). Fisiologicamente, no início da lactação a elevada concentração de hormônios que estimulam a produção de leite, como o hormônio do crescimento, e reduzidas concentrações de insulina e IGF-I (fator de crescimento semelhante à insulina tipo I) favorecem a maior eficiência energética e o direcionamento dos nutrientes para a glândula mamária. Entretanto, neste processo, os órgãos do sistema reprodutivo não são favorecidos e a sua exposição a esse ambiente metabólico por longo

período de tempo e/ou em grande intensidade, reduz a atividade ovariana e reduz a fertilidade.

Desde o início dos anos 2000, grande esforço de pesquisa foi direcionado, nos EUA, para entender os fatores relacionados à redução da fertilidade, que foi fortemente associada ao aumento da produção individual de leite (BUTLER, 2000). Recentemente, o desafio da elevada produção de leite tem ocasionado uma maior incidência de distúrbios metabólicos que, de forma indireta, reduzem a fertilidade (SANTOS, 2012). Esse maior entendimento da interação nutrição x reprodução x saúde tem permitido identificar fases críticas da produção e melhorar o manejo dos animais com o objetivo de aumentar a taxa de concepção e reduzir perdas embrionárias e gestacionais.

Outros fatores têm sido associados à redução da fertilidade, como o aumento do número de animais por fazenda, com conseqüente redução da relação homem:vaca (LEBLANC, 2010). Essa menor relação tem sido associada a uma menor capacidade de detecção de cios e de diagnóstico precoce de distúrbios metabólicos e infecções uterinas. A maior produtividade da mão de obra tem levado os produtores de leite a se adequar a esta nova realidade. Protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) têm sido cada vez mais adotados para superar as dificuldades de detecção de cios. Ainda, observa-se um uso emergente de dispositivos eletrônicos, com o objetivo de monitorar individualmente os animais. Esse conceito de individualização provém da Agricultura de Precisão e tem sido chamado de Pecuária de Precisão.

Diante do exposto, objetiva-se revisar o avanço do conhecimento, a melhoria de práticas de manejo e o desenvolvimento de tecnologias que têm sido aplicados para aumentar a eficiência reprodutiva de rebanhos leiteiros.

Eficiência reprodutiva em vacas leiteiras

A avaliação de um rebanho baseia-se em índices reprodutivos como intervalo de partos, período de serviço, taxa de concepção, taxa de serviço,

taxa de prenhez, entre outros. Historicamente, o intervalo de partos é o índice reprodutivo mais utilizado na avaliação da eficiência reprodutiva, principalmente quando o objetivo é uma avaliação da sua evolução ao longo do tempo. Engloba todas as etapas reprodutivas, como o retorno ao cio após o parto, o número de serviços até a concepção e até a ocorrência de perdas gestacionais. Entretanto, trata-se de um índice histórico com restrição importante, pois não avalia todos os animais do rebanho ao mesmo tempo. Primíparas ou animais com problemas reprodutivos que não tem ainda o registro de um segundo parto não entram no seu cálculo. O intervalo de partos reflete o ambiente e o manejo da fazenda relativos a um ano atrás ou mais, quando as vacas foram inseminadas e tornaram-se gestantes. Dessa forma, o intervalo de partos é muito útil, por exemplo, para comparar vacas e selecionar para o descarte aquelas com menor eficiência reprodutiva (CARVALHO et al., 2010).

Mas para o manejo reprodutivo, principalmente em médios e grandes rebanhos, é necessário o uso de dados mais atualizados, dados que reflitam o último mês ou, melhor ainda, os últimos 21 dias, que é o período do ciclo estral da vaca. Assim, a taxa de prenhez, produto da taxa de serviço e da taxa de concepção, tem sido utilizada para o acompanhamento da fertilidade do rebanho. A taxa de serviço é a porcentagem de vacas que foram detectadas em cio e submetidas à inseminação, do total de vacas disponíveis (VASCONCELOS, 1999). A taxa de concepção é a porcentagem de vacas que conceberam após a inseminação. Para aumentar a taxa de serviço, tem-se observado aumento no uso da IATF e, mais recentemente, tem se tornado mais freqüente o uso de novos sensores eletrônicos que medem a atividade física dos animais, que auxiliam na detecção do cio (AUNGIER et al., 2015). Entretanto, alterar a taxa de concepção tem se mostrado um desafio maior. Devido a seu caráter multifatorial, diversos aspectos do manejo devem ser melhorados, como a nutrição no período de transição, o controle da perda de escore da condição corporal no início da lactação, a redução de distúrbios metabólicos e afecções reprodutivas como retenção de placenta e infecções uterinas, além de aspectos ligados ao ato da inseminação artificial em si e à fertilidade do sêmen.

Metabolismo no período de transição e o desafio da fertilidade em vacas leiteiras

Reduções na taxa de concepção de vacas de leite também têm sido apontadas em todo o mundo (BUTLER, 2003; DOBSON et al., 2008). Para uma elevada taxa de concepção, é necessário que após o cio a vaca ovule um oócito de alta qualidade com competência para ser fecundado, e o embrião resultante desenvolva-se adequadamente, com uma reduzida taxa de mortalidade embrionária e de perdas durante a gestação. A fecundação dependerá da existência de espermatozoides capacitados de alta fertilidade e o desenvolvimento embrionário dependerá de um ambiente uterino hígido e exposto a concentrações adequadas de progesterona para a manutenção da gestação. A taxa de fertilização observada em vacas de alta produção é alta, 76%, entretanto, a taxa de concepção observada entre 28 e 50 dias pós-inseminação é de apenas 30-50% (SANTOS et al., 2004). Desta forma, o manejo das vacas deve objetivar uma alta qualidade dos oócitos, para garantir elevadas taxas de fertilização e reduzir as perdas embionárias, o que também depende um ambiente uterino adequado.

No início da lactação, vários fatores estão associados à reduzida taxa de concepção e elevada perda gestacional, como excessiva mobilização de reservas corporais (perda de ECC), balanço energético negativo acentuado no início da lactação, elevado consumo de matéria seca e alteração nas concentrações de hormônios e metabólitos (GARNSWORTOY et al., 2008). Esses efeitos são basicamente associados ao balanço energético negativo (BEN). Há muito, postulou-se que a qualidade do oócito é influenciada pelo status energético do animal. Como o desenvolvimento do oócito, desde a sua ativação até a ovulação leva cerca de 60 dias, Britt (1992) postulou-se que a intensidade do balanço energético negativo (BEN) que a vaca experimenta durante o início da lactação irá afetar o desenvolvimento do oócito. Esse efeito seria mais evidente nos folículos maiores e mais

próximos da ovulação. Entretanto, os folículos em início de desenvolvimento também seriam afetados, mas em intensidade menor, devido a menor exigência de nutrientes. Dessa forma, após a reversão do BEN, os efeitos reduziriam gradualmente, durante os 60 dias em que o oócito se desenvolve. Esse postulado foi comprovado por Leroy et al. (2006) que demonstraram que o BEN altera a composição do fluido folicular. Essa alteração na composição do fluido afeta adversamente o desenvolvimento do oócito. Desta forma, é necessário uma maior compreensão dos fatores envolvidos na interação entre reprodução, nutrição e saúde e como afetam a qualidade do oócito e o desenvolvimento embrionário inicial.

O período de transição é um período crítico para a produtividade e fertilidade de vacas leiteiras. Caracteriza-se por profunda adaptação metabólica, com a transição do estado fisiológico de gestação para o de lactação. Esse processo de adaptação do metabolismo é chamado homeorrese e envolve alteração nas concentrações de vários hormônios e metabólitos, com o objetivo de direcionar os nutrientes, que antes iam para o útero gestante, agora para a glândula mamária, para sustentar a produção de leite (BAUMAN E CURIE, 1980). O fator de maior importância nesse período tem sido o BEN. A Figura 1 representa o período de BEN que vacas experimentam durante o início da lactação. Após o parto, ocorre um aumento da exigência de energia para a lactação, que não é acompanhada pela energia obtida a partir da dieta, pois o consumo de matéria seca do animal limita a ingestão de energia. A diferença entre a energia obtida pela dieta e aquela requerida para manutenção e produção de leite, determina o BEN. Para compensar essa diferença, ocorre mobilização de reservas corporais, principalmente de gordura, mas também de proteína da musculatura esquelética (BELL, 1995). Esse quadro de BEN no início da lactação determina baixas concentrações plasmáticas de glicose e insulina e elevadas concentrações de ácidos graxos não esterificados, corpos cetônicos e ureia no sangue. A alteração nesses hormônios e

metabólitos irá interferir na composição do fluido folicular e alterar a qualidade dos oócitos e embriões (LEROY et al., 2008). No período de transição, também ocorrem alterações hepáticas em vacas de alta produção. A hipoinsulinemia provoca redução na expressão hepática do receptor do GH, o que causa o desacoplamento do eixo somatotrófico, apesar das elevadas concentrações circulantes de GH no início da lactação. O efeito final é a redução nas concentrações plasmáticas de IGF-I, outra adaptação metabólica para priorizar glicose para a glândula mamária (BUTLER, 2006).

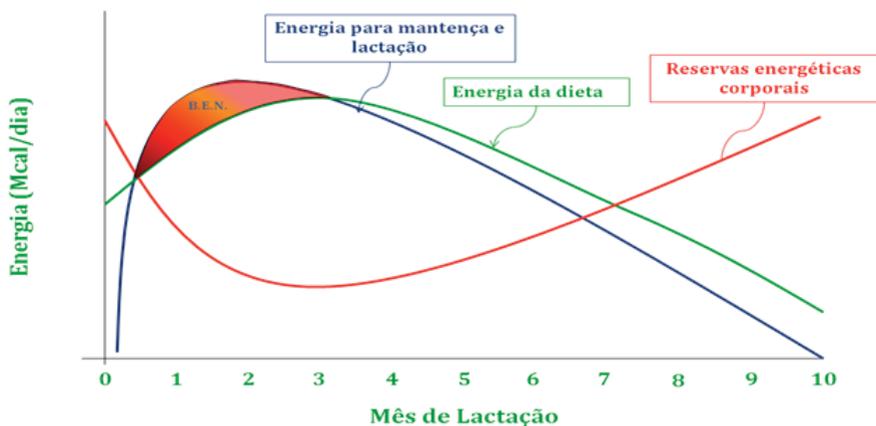


Figura 1. Representação esquemática do metabolismo energético durante a lactação de vacas, com a energia requerida para manutenção e lactação, a energia ingerida a partir da dieta e a variação nas reservas energéticas corporais (Adaptado de Kutches, A. *Animal Nutrition and Health*, Nov-dez, 1983).

Os efeitos do BEN são transitórios, e sua intensidade reduz com a reversão do balanço energético negativo para positivo, com o decorrer da lactação, devido ao aumento do consumo de matéria seca e à redução na produção de leite, após o pico de lactação (BELL, 1995). O problema do BEN é a sobreposição da sua ocorrência com o período ótimo de reprodução (Figura 2). Para garantir um intervalo de partos próximo a 12 meses, as vacas devem ser inseminadas e tornarem-se gestantes entre 45 e 135 dias de lactação (média de 85 dias de período de serviço). Pela Figura 2 observa-se que esse período coincide com o período de reversão do balanço energético negativo para positivo.

Balço Energético durante a lactação

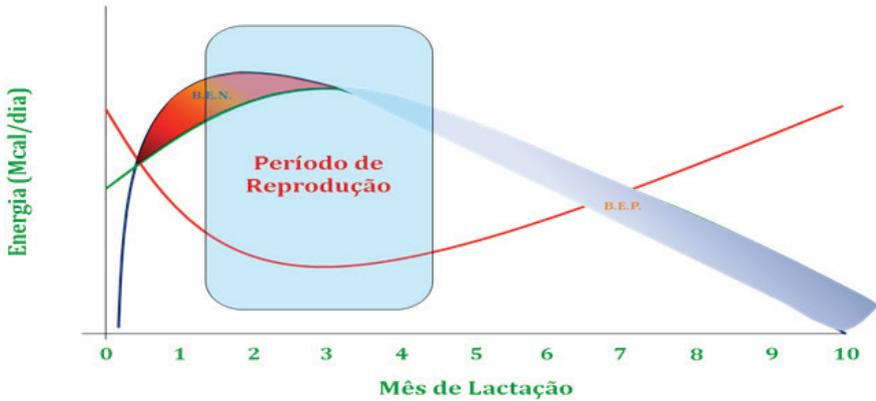


Figura 2. Representação esquemática dos períodos de balanço energético negativo (BEN) e positivo (BEP) durante a lactação de vacas, com a sobreposição do período de reprodução ideal (Adaptado de Kutches, A. *Animal Nutrition and Health*, Nov-dez, 1983).

Conseqüências do balanço energético negativo para a qualidade do oócito e o desenvolvimento embrionário

Os efeitos da mobilização de reservas corporais e, portanto, do BEN têm sido demonstrados há muito tempo ao avaliar-se o escore da condição corporal (ECC) ou sua variação durante o início da lactação. A variação no ECC tem sido associada a um maior intervalo para a primeira ovulação pós-parto e a uma menor taxa de concepção (STAPLES E THATCHER, 1990). A perda de escore corporal aumenta o risco relativo da ocorrência de mortalidade embrionária. Vacas que perdem 0,5 ponto de ECC após o parto têm chance relativa de morte embrionária 1,84 vezes maior do que vacas que não variam o ECC. Vacas que perdem um ponto de ECC apresentam risco 3,23 vezes maior de apresentarem mortalidade embrionária (SILKE et al., 2002). A redução de fertilidade determinada pela perda de escore corporal é explicada pela variação na concentração de hormônios e metabólitos durante o período de BEN.

Ao avaliar o perfil metabólico do fluido folicular de vacas durante o período de BEN, Leroy et al. (2006) observaram redução nas concentrações

de insulina, glicose e IGF-I e aumento das concentrações de ácidos graxos não esterificados (AGNEs), corpos cetônicos e ureia. A ação da insulina pode acontecer por duas vias, através de funções inespecíficas associadas à saúde e integridade das células foliculares, com estímulo à proliferação e diferenciação celular (DEFRONZO, 2004). Por outro lado, no ovário, a insulina possui ações específicas reconhecidas, como o estímulo à esteroidogênese e proliferação das células da granulosa, afetando, por conseguinte, o desenvolvimento folicular (BOSSAERT et al., 2010). A insulina também estimula a produção e secreção de IGF-I (BUTLER, 2003). O IGF-I amplifica as ações das gonadotrofinas no ovário, especialmente do FSH. Estimula a proliferação e diferenciação das células da granulosa, especialmente durante o processo de seleção do folículo dominante, durante o crescimento folicular (DISKIN et al. 2003).

De forma geral, baixas concentrações plasmáticas e foliculares de insulina, glicose e IGF-I estão associadas à redução da taxa de crescimento folicular, redução da capacidade ovulatória e menor secreção de estrógeno (DISKIN et al., 2003). Segundo Kendrick et al (1999), vacas com melhor balanço energético possuem maiores concentrações intra-foliculares de IGF-1 e maiores concentrações plasmáticas de progesterona, e portanto são animais capazes de produzir oócitos de boa qualidade. No entanto, a restrição energética afeta o crescimento folicular a nível central, interferindo na secreção de gonadotrofinas. Folículos dominantes não atingem a maturação final, devido à ausência de um padrão adequado de secreção de LH, o que pode determinar sua atresia (YAVAS E WALTON, 2000).

Ao avaliar o nível de energia na dieta (alto ou baixo), durante os primeiros 56 dias pós-parto de vacas mestiças 3/4 e 7/8 Holandês x Gir, Carvalho et al. (2014) observaram efeito da dieta sobre as concentrações foliculares de insulina (Figura 3) e IGF-I (Figura 4). O fluido folicular é sensível às variações nas concentrações plasmáticas de insulina e ao nível de energia na dieta. Vacas alimentadas com dieta de baixa energia (1,69 Mcal/kg de MS de energia líquida de lactação) apresentaram menor concentração de insulina no fluido folicular (4,72 μ UI/mL), enquanto

que vacas alimentadas com dieta de alta energia (1,93 Mcal/kg de MS de energia líquida de lactação) apresentaram maior concentração de insulina no fluido folicular (6,6 μ UI/mL) (Figura 3). Esses resultados demonstram que a energia da dieta altera a composição do fluido folicular e podem, potencialmente, alterar o desenvolvimento folicular e a qualidade dos oócitos.

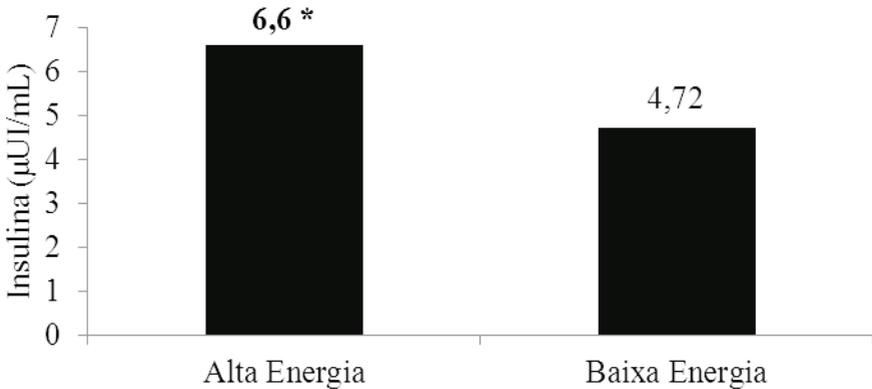


Figura 3. Concentrações de insulina no fluido folicular de vacas primíparas mestiças 3/4 e 7/8 Holandês x Gir alimentadas com dieta de alta (1,93 Mcal/kg de MS de energia líquida para lactação), ou baixa energia (1,69 Mcal/kg de MS de energia líquida para lactação), durante os primeiros 56 dias de lactação. (*representa diferença significativa - $P < 0,05$). Adaptado de Carvalho et al. (2014).

Neste mesmo experimento, observou-se que, para as vacas do cruzamento 3/4 Holandês x Gir, a energia da dieta promoveu redução nas concentrações foliculares de IGF-I (Figura 4). Esse efeito não foi observado para as vacas do cruzamento 7/8 Holandês x Gir. Provavelmente, as vacas 7/8, devido à maior fração genética de Holandês, além de apresentarem maior potencial de produção de leite, podem apresentar menores concentrações foliculares de IGF-I.

O IGF-I é produzido primariamente no fígado, em resposta ao hormônio GH e receptores para IGF-I podem ser localizados na maioria dos tecidos (GARNSWORTHY et al., 2008). Durante o início da lactação, as concentrações plasmáticas de insulina são reduzidas, devido ao desacopla-

mento do eixo somatotrófico. Esse desacoplamento decorre das baixas concentrações de insulina observadas no início da lactação, de forma que não ocorre estímulo necessário para a expressão de receptores do GH no fígado. O resultado final é a não produção de IGF-I. Entretanto, essa situação é revertida quando há aumento nas concentrações plasmáticas de insulina (BUTLER et al., 2003). As concentrações plasmáticas de IGF-I são maiores durante as duas primeiras semanas pós-parto naquelas vacas que ovulam o primeiro folículo dominante do pós-parto do que naquelas que falham em ovular o primeiro folículo dominante (BEAM E BUTLER, 1997), o que demonstra a sua importância para o adequado desenvolvimento folicular e fertilidade de vacas no período pós-parto.

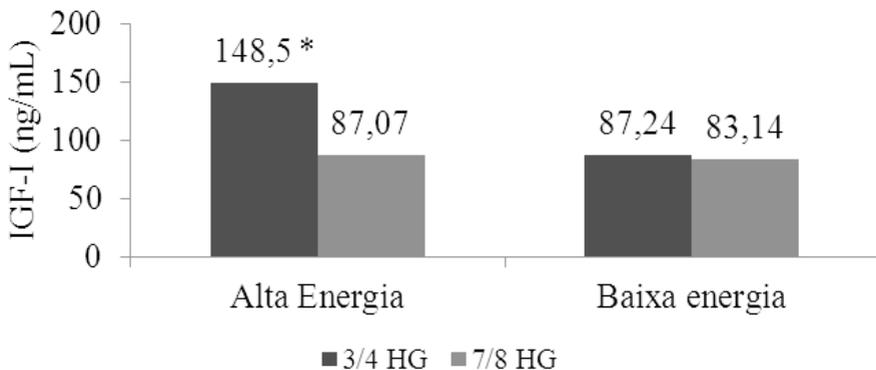


Figura 4. Concentrações de fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I) no fluido folicular de vacas primíparas mestiças 3/4 e 7/8 Holandês x Gir alimentadas com dieta de alta (1,93 Mcal/kg de MS de energia líquida para lactação), ou baixa energia (1,69 Mcal/kg de MS de energia líquida para lactação), durante os primeiros 56 dias de lactação (*demonstra diferença significativa ($P < 0,05$)). Adaptado de Carvalho et al. (2014).

Durante o BEN, as concentrações de AGNEs encontram-se elevadas, devido à mobilização de reservas corporais (DRACKLEY, 1996). A composição lipídica do fluido folicular é afetada pela concentração de AGNEs no sangue (CHILDS et al., 2008, FOULADI-NASHTA et al., 2009). No hipotálamo e hipófise, os AGNEs atuam como mensageiros metabólicos, afetando a secreção de gonadotrofinas (CANFIELD E BUTLER, 1990). *In vitro*, concentrações de AGNEs similares àsquelas presentes no fluido folicular de vacas em BEN exercem efeito negativo sobre a viabilidade

e função de células da granulosa e da teca (LEROY et al., 2006; VANNHOLDER et al., 2006). Ainda, observou-se efeito negativo da adição de diferentes ácidos graxos sobre a maturação de oócitos *in vitro* em concentrações semelhantes às observadas no fluido folicular de vacas em BEN, com redução das taxas de clivagem e de produção de blastocistos (LEROY et al., 2005). A sobrevivência embrionária também pode ser afetada pelos ácidos graxos, que reduzem a qualidade embrionária e alteram a expressão de genes no endométrio (WATHES et al., 2009; ABAYASEKARA E WATHES, 1999).

Ainda, durante o período de BEN e no início da lactação, podem ser observadas elevadas concentrações de ureia no plasma e fluido folicular. Essas elevadas concentrações afetam a qualidade do oócito (LEROY et al., 2006), bem como a viabilidade embrionária no útero (RHOADS et al., 2006).

O efeito das concentrações plasmáticas de ureia sobre a qualidade de oócitos foi avaliado por Carvalheira (2015). Avaliou-se o efeito de dietas com proporções decrescentes de proteína degradável no rúmen (PDR) e crescentes de proteína não degradável no rúmen (PNDR) sobre a concentração de nitrogênio uréico no plasma (NUP), no fluido folicular (NUF) e o número e viabilidade de oócitos de vacas mestiças em lactação (Tabela 1). De forma geral, o aumento da proporção de PDR resultou em maiores concentrações de NUP e NUF, as quais não afetaram o número de oócitos viáveis, mas determinou menor taxa de viabilidade. Esses resultados demonstram como elevadas concentrações de ureia afetam adversamente a qualidade do oócito.

Como consequência do BEN e do metabolismo do animal, são produzidos oócitos de menor qualidade, que originam embriões também de baixa qualidade (LEROY et al., 2006), os quais são menos competentes em estabelecer e manter uma gestação. Assim, maiores perdas gestacionais também são observadas, na forma de mortes embrionárias.

Tabela 1. Efeito de diferentes relações entre proteína degradável no rúmen e proteína não degradável no rúmen (PDR:PNDR) sobre a concentração de nitrogênio ureico plasmático e folicular e sobre o número e taxa de oócitos viáveis de vacas mestiças em lactação.

Variável	PDR:PNDR*			
	1,68	1,31	1,08	0,83
Nitrogênio ureico plasmático, mg/dL	31,6 ± 8,45 ^A	27,16 ± 4,49 ^B	23,56 ± 5,09 ^C	19,13 ± 4,87 ^D
Nitrogênio ureico folicular, mg/dL	25,44 ± 8,91 ^A	22,09 ± 5,17 ^{AB}	18,85 ± 5,83 ^B	17,66 ± 12,32 ^B
Número de oócitos viáveis	1,25 ± 2,28	2,80 ± 3,17	2,00 ± 2,51	3,25 ± 4,27
Taxa de oócitos viáveis (%)	39,47% ^Y (30/76)	51,38% ^{XY} (56/109)	54,35% ^{XY} (50/92)	62,7% ^X (79/126)

^{A, B} Médias, na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

^{X, Y} Taxas, na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem pelo teste exato de Fisher ($P < 0,05$).

*PDR:PNDR 1,68: 15,4% PB, 62,7% PDR, 37,3% PNDR; PDR:PNDR 1,31: 13,6% PB, 56,7% PDR, 43,3% PNDR; PDR:PNDR 1,08: 13% PB, 52% PDR, 48% PNDR; PDR:PNDR 0,83: 12,4% PB, 45,4% PDR, 54,6% PNDR. Adaptado de Carvalheira et al. (2015).

Distúrbios metabólicos no período de transição e fertilidade

A ocorrência de distúrbios metabólicos no período de transição como retenção de placenta, hipocalcemia, cetose, síndrome do fígado gorduroso, deslocamento de abomaso, bem como processos infecciosos como metrites e mastites puerperais têm sido associados com redução da fertilidade em vacas leiteiras. A ocorrência de uma ou mais afecções clínicas durante o início da lactação determina maior período para o primeiro cio no pós-parto e menor taxa de concepção após a inseminação (SANTOS et al., 2010). A ocorrência de qualquer distúrbio metabólico está associada com uma redução no consumo de matéria seca, acompanhada por aumento da mobilização de reservas corporais. O resultado final são concentrações plasmáticas mais elevadas de AGNEs e menores concentrações de glicose e insulina. Como descrito anteriormente, esse ambiente metabólico alterado é prejudicial à qualidade dos oócitos.

A hipocalcemia subclínica tem sido uma das doenças metabólicas estudadas com mais destaque nos últimos anos e tem sido associada à imunossupressão no pré-parto, predispondo a vaca a outras doenças metabólicas como distocia, retenção de placenta, metrites, deslocamento de abomaso e cetose. A associação da hipocalcemia subclínica com a

retenção de placenta parece estar relacionada à imunossupressão, uma vez que, a atividade de leucócitos é altamente dependente de cálcio. Kimura et al. (2006) demonstraram que a hipocalcemia reduz a liberação intracelular de cálcio em monócitos. A sinalização intracelular de cálcio é crítica para a ativação e função das células imunes.

A retenção de placenta é uma afecção de incidência altamente variável em rebanhos leiteiros, caracterizada pela não expulsão da placenta após as primeiras 12 ou 24 horas após o parto (McNAUGHTON E MURRAY, 2009). Existem diversos fatores de risco associados à retenção de placenta, como a indução do parto, gestações curtas, aborto, partos gemelares, distocia, cesariana, ação de agentes infecciosos e deficiências nutricionais de vitamina E, selênio e caroteno (LEBLANC, 2008; BEAGLEY et al., 2010). Apesar dos mecanismos locais que determinam a retenção de placenta ainda não estarem bem estabelecidos (KAMEMORI et al., 2011), um dos eventos chave é a quebra apropriada da ligação entre carúnculas e cotilédones (LEBLANC, 2008). Recentemente, outros fatores como elevadas concentrações de AGNés, B-OH-butirato e a ocorrência de hipocalcemia subclínica têm sido associados como fatores de risco para a retenção de placenta. Apesar da identificação dos fatores de risco, a maioria dos estudos baseia-se em dados epidemiológicos de caráter retrospectivo. Isso dificulta a elucidação dos mecanismos pelos quais esses fatores agem. Considerando o caráter complexo do processo de maturação e destacamento normal da placenta, que envolve diversos hormônios e mudanças bioquímicas, acredita-se que a interrupção de um ou mais eventos fisiológicos deste processo possa provocar a retenção de placenta (BEAGLEY et al., 2010).

A ocorrência de infecções uterinas no início da lactação é elevada e apresenta grande impacto, como redução na produção de leite, aumento no tempo para a primeira inseminação pós-parto, aumento no número de serviços por concepção, aumento da taxa de descarte, além dos custos com tratamento. Atualmente, a ocorrência de infecções uterinas, principalmente as metrites puerperais, que ocorrem nos primeiros sete a 10 dias pós-parto tem sido associados à redução da resposta imune da vaca

periparturiente. Essa depressão na resposta imune tem sido associada à redução do consumo de matéria seca no pré-parto, ao BEN mais acentuado no início da lactação e a maiores concentrações circulantes de AGNEs e B-OH-butirato. Galvão et al. (2010) observaram que vacas que desenvolvem metrite e, posteriormente endometrite subclínica apresentam, no pós-parto inicial, maiores concentrações plasmáticas de AGNEs e B-OH-butirato, além de menor glicogênio intracelular nos neutrófilos. Essas alterações são muito semelhantes às observadas em vacas com retenção de placenta que, inclusive, é um dos principais fatores predisponentes para a ocorrência de infecções uterinas (LEBLANC, 2006).

Vargas (2015) avaliou os efeitos da ocorrência de metrite clínica sobre o escore da condição corporal e o perfil metabólico de vacas da raça Holandês. O escore da condição corporal de vacas com metrite foi maior ($P < 0,0001$) do que aquele de vacas sadias. Vacas com metrite apresentaram maiores concentrações plasmáticas de AGNEs e ureia do que as vacas que não apresentaram metrite (Tabela 2). Não se observou efeito significativo da ocorrência de metrite nas concentrações plasmáticas de glicose (Tabela 1). Os resultados apresentados demonstram que o elevado ECC é um fator de risco para a ocorrência de metrites, pois determina um menor consumo de matéria e maior mobilização de reservas corporais (GARNSWORTHY et al., 2008). Atualmente, recomenda-se escore corporal ao parto de 3,0 a 3,25 em vacas da raça Holandês de alta produção.

Tabela 2. Escore da condição corporal (ECC), concentração plasmática de ácidos graxos não esterificados (AGNEs), glicose e ureia, durante as primeiras sete semanas de lactação, de vacas Holandês com ocorrência clínica ou não de metrite (média \pm e.p.m.).

Variável	Metrite	Sem Metrite	Valor de P		
			Metrite (M)	Semana (S)	M*S
ECC	3,29 \pm 0,02	3,14 \pm 0,02	< 0,0001	0,2097	0,8163
ÁGNE (mmol/L)	1,87 \pm 0,03	1,74 \pm 0,03	0,0076	< 0,0001	0,3002
Glicose (mg/dL)	58,37 \pm 0,98	58,7 \pm 0,92	0,8030	< 0,0001	0,2781
Ureia (mg/dL)	29,1 \pm 0,68	26,29 \pm 0,64	0,0035	< 0,0001	0,1443

Adaptado de Vargas (2015).

Overton e Waldron (2004) demonstraram uma relação clara entre doenças uterinas e função imune, substancialmente associada ao metabolis-

mo energético e a nutrição periparto. Vacas que apresentaram infecção uterina no pós-parto foram aquelas que apresentaram menor consumo de matéria seca no período de transição (HAMMON et al., 2006). Corroborando esses achados, foi demonstrada forte correlação entre a ocorrência de metrite e o consumo de matéria seca de duas a três semanas antes da sua detecção, com reduções de consumo que podem variar de 1 a 6 kg de matéria seca por dia (HUZZEY et al., 2007). O menor consumo de matéria seca está associado à maior mobilização de reservas corporais, que determinam concentrações plasmáticas mais elevadas de AGNEs e reduzida atividade de neutrófilos (HAMMON et al., 2006; OSPINA et al., 2010; CHAPINAL et al., 2011).

Uso de dispositivos eletrônicos para o monitoramento individual de vacas leiteiras

A automação e aplicação de conceitos de precisão na agricultura vêm sendo aplicados à pecuária leiteira. A pecuária de precisão pode ser definida como o uso de tecnologias para mensurar indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais dos animais, de forma individualizada. A tecnologia torna-se importante, pois a individualização dos animais em grandes rebanhos é difícil pelo homem, mas não por sistemas eletrônicos, com o uso de sensores. A geração de dados individualizados das vacas do rebanho é prática que vem sendo desenvolvida desde a década de 1980 em sistemas de produção nos Estados Unidos e outros países da Europa. Os dois exemplos mais comuns são os sistemas automatizados de ordenha e o uso de pedômetros. O desenvolvimento desses sistemas deu-se, em parte, pela redução da disponibilidade de mão de obra rural e ao aumento de seu custo (RUTTEN et al., 2013). Sistemas intensivos de produção de leite são caracterizados atualmente por uma alta relação vaca:homem.

Sistemas automatizados de ordenha registram automaticamente a produção e características do leite, como a condutividade elétrica, que é um indicador da ocorrência de mastite. Ainda, pedômetros interligados por radiofrequência a uma base transmitem dados sobre a movimentação/atividade de vacas e fornecem informações sobre cio ou doenças.

Softwares registram a movimentação dos animais e alertas são gerados para que as vacas sejam examinadas quando alterações no comportamento são registradas (RUTTEN et al., 2013). Recentemente, novos sensores vêm sendo utilizados para o monitoramento da atividade física de vacas leiteiras para predição da ocorrência de cios. Acelerômetros vêm sendo utilizados como sensores de atividade em colares colocados no pescoço das vacas. Esses novos aparelhos possuem maior capacidade de armazenamento e a transmissão dos dados ocorre via *bluetooth*, após a passagem dos animais por cortinas de leitura (AUNGIER et al., 2015). A transmissão dos dados por radiofrequência, apenas após a ativação por sensores de leitura, tem permitido o aumento da vida útil da bateria dos equipamentos, que pode chegar a durar cinco anos. Ainda, a utilização desses novos equipamentos não está restrita a uma área com cobertura de antenas para captação do sinal de transmissão por radiofrequência. Dessa forma, já é possível utilizar esses equipamentos para o monitoramento de vacas a pasto, uma vez que os dados podem ser transmitidos no momento das ordenhas.

A avaliação automatizada do ECC também é uma ferramenta de pecuária de precisão que vem sendo desenvolvida (AZZARO et al., 2011; BEWLEY et al. 2008; OZKAYA E BOZKURT, 2008; HALACHMI et al., 2008). O ECC, apesar de ser uma ferramenta de grande importância para o manejo de vacas leiteiras, tem sido pouco utilizado, possivelmente em decorrência de sua mensuração subjetiva, tornando necessário um avaliador treinado para que haja consistência na avaliação (AZZARO et al., 2011). Com o objetivo de superar a subjetividade e possibilitar aplicação mais ampla dessa ferramenta nos sistemas de produção de leite, diversos grupos de pesquisa têm desenvolvido ações para a avaliação automatizada do ECC, utilizando recursos de computação gráfica (AZZARO et al., 2011; BEWLEY et al. 2008; OZKAYA E BOZKURT, 2008; HALACHMI et al., 2008). Nesse contexto, atualmente já existem dispositivos eletrônicos para avaliação automatizada do escore corporal disponíveis no mercado. Já existem inclusive aplicativos para *smartphones* com essa funcionalidade. A Embrapa Gado de Leite está em processo de desenvolvimento de um *software* e de um aplicativo para

smartphones para a avaliação automatizada do escore da condição corporal. O e-Score processará digitalmente imagens e as avaliará com base em seu conteúdo e permitirá a avaliação do escore corporal de vacas de diferentes raças leiteiras.

A Embrapa Gado de Leite vem conduzindo outros experimentos em pecuária de precisão, com o uso de um sistema de automação com tecnologia nacional (Intergado®, Seva Engenharia Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil). Esse sistema é composto por cochos e bebedouros eletrônicos, sobre células de carga, que pesam constantemente os alimentos e a água. Associado aos cochos e bebedouros eletrônicos, os animais recebem brinco com chip eletrônico TAG (FDX - ISO 11784/11785; Allflex, Joinville, SC, Brasil), que possibilita a identificação eletrônica pelos equipamentos. Esse sistema já foi validado por Chizzoti et al. (2015), e é usado para monitorar o comportamento alimentar, o consumo de alimento e de água pelos animais, bem como o peso corporal. Desta forma, quando o animal acessa o cocho, o sistema imediatamente registra o consumo alimentar e ingestão de água. Em uma avaliação realizada com 18 vacas da raça Holandês, nove mantiveram-se sadias durante as primeiras 12 semanas de lactação enquanto nove apresentaram casos clínicos de metrite, em média, aos 13 dias pós-parto. Foi utilizada uma proporção de 1,5 vacas por cocho e nove vacas por bebedouro. A partir dos registros de entrada e saída dos animais dos cochos e do registro de peso dos cochos pelas células de carga, foram avaliados o consumo de matéria seca (MS), a ingestão de água, o consumo de matéria seca por visita ao cocho eletrônico, o tempo em ingestão (min.), o número de visitas com ingestão e a taxa de consumo de alimentos (g/min). Vacas que apresentaram metrite no pós-parto produziram em média 1,42 litros de leite a menos ($P < 0,0001$) do que aquelas saudáveis ($29,79 \pm 0,11$ e $31,21 \pm 0,11$ litros/dia, respectivamente) durante as primeiras 12 semanas de lactação. Esses dados estão de acordo com o relato de Huzzey et al. (2007), que também observou redução da produção de leite em vacas com metrite.

O consumo de MS (kg/dia) foi afetado pela interação ($P < 0,0001$) entre a ocorrência de metrite e semana pós-parto. Vacas com metrite tive-

ram consumo de MS de $18,65 \pm 0,1$ kg/dia comparado com ingestão média de $20,65 \pm 0,11$ kg/dia das vacas sem metrite. As vacas que desenvolveram metrite tiveram menor consumo de matéria seca (kg/dia) na 1^a, 2^a, 3^a, 5^a, 11^a e 12^a semanas pós-parto, em relação às vacas saudáveis. Com relação ao consumo de matéria seca (%PV), também se observou interação entre a ocorrência de metrite e a semana pós-parto ($P < 0,0001$). Vacas com metrite apresentaram menor consumo de matéria seca (%PV) na primeira, segunda e 11^a semanas pós-parto (Figura 5). Ao avaliar o consumo nos períodos pré e pós-parto, Hammon et al. (2006) relataram menor consumo de matéria seca (4,4 kg a menos) já duas semanas antes do parto nas vacas que desenvolveram metrite após o parto. Esses relatos demonstram que a ocorrência de infecções uterinas está intimamente associada ao consumo de alimentos e mobilização de reservas corporais, como já descrito (Tabela 2).

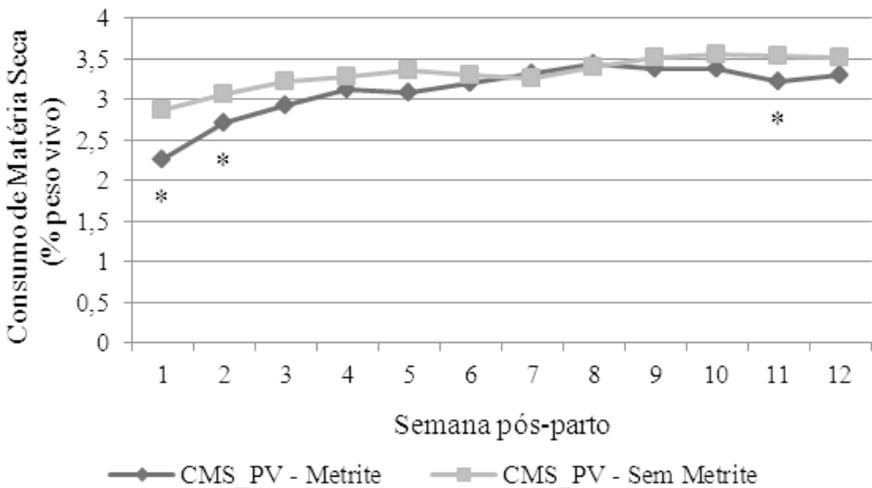


Figura 5. Consumo de matéria seca em porcentagem do peso vivo, durante as primeiras 12 semanas de lactação, de vacas Holandês com ocorrência clínica ou não de metrite (*Diferenças significativas para a interação metrite x semana - $P < 0,05$, pelo teste de Tukey) (Adaptado de Vargas, 2015).

Com relação à ingestão de água, observou-se efeito ($P < 0,0001$) da ocorrência de metrite e da semana pós-parto. Vacas com metrite apresentaram menor ingestão de água ($75,74 \pm 0,64$ litros), quando com-

paradas àquelas saudáveis ($87,38 \pm 0,11$). De forma geral, observou-se aumento da ingestão de água durante a lactação (Figura 6), o que está associado ao aumento na produção de leite e do consumo de matéria seca durante a lactação.

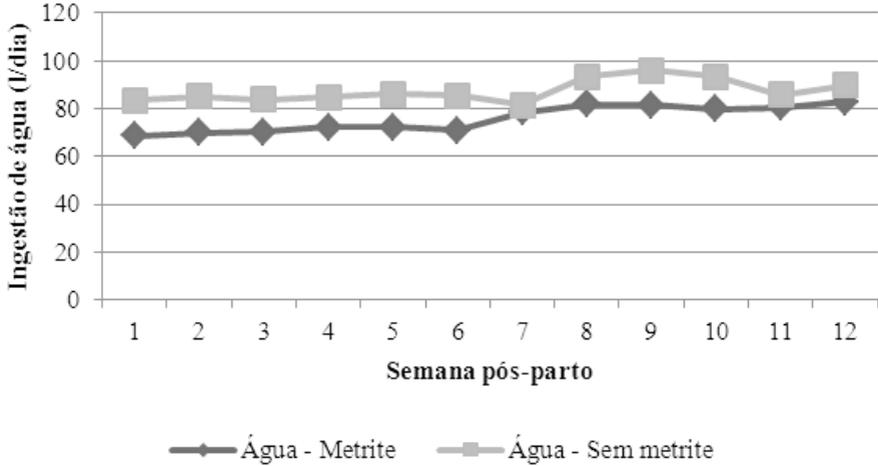


Figura 6. Ingestão de água, durante as primeiras 12 semanas de lactação, de vacas Holandês com ocorrência clínica ou não de metrite (Adaptado de Vargas, 2015).

Com relação ao comportamento ingestivo, avaliado pelos equipamentos eletrônicos, observou-se que vacas com metrite realizaram $27,81 \pm 0,35$ visitas aos cochos, em média, por dia. A cada visita, o consumo foi matéria seca foi $854,4 \pm 13,13$ g de matéria seca por visita. Vacas com metrite visitaram mais vezes os cochos eletrônicos na segunda, quarta e quinta semanas pós-parto, enquanto que o consumo por visita destes animais foi menor da terceira a sexta semanas pós-parto (Figura 7) quando comparadas às vacas sadias. Vale ressaltar que o número de visitas representa o número de vezes que o animal acessou o cocho eletrônico e não o número de refeições que o animal realizou, a qual é composta por várias visitas em um curto espaço de tempo.

O tempo que as vacas permaneceram no cocho ingerindo alimentos não variou entre vacas com e sem metrite nas primeiras sete semanas pós-parto (Figura 7). Entretanto, a taxa de consumo de matéria seca (g/min)

foi menor durante as quatro primeiras semanas de lactação nas vacas com metrite (VARGAS, 2015). Esses resultados são semelhantes aos observados por Urton et al. (2005), em que vacas diagnosticadas com metrite tiveram menor tempo de ingestão de alimento após o parto.

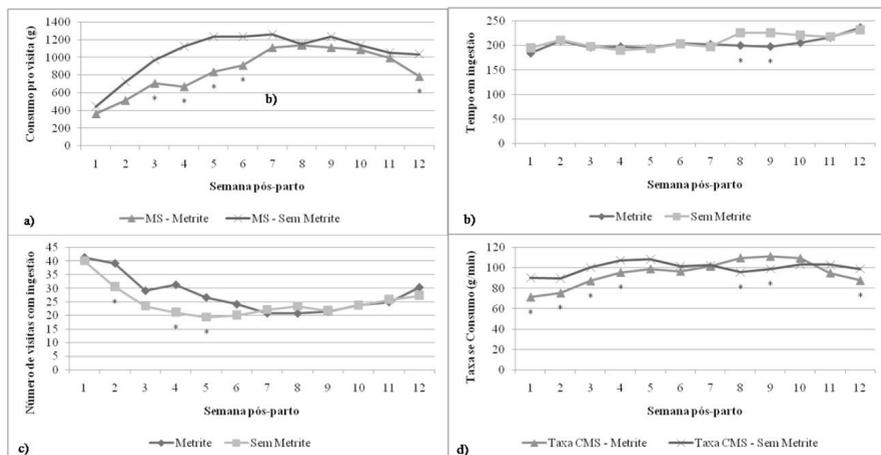


Figura 7. Comportamento ingestivo durante as primeiras 12 semanas de lactação, de vacas Holandês com ocorrência clínica ou não de metrite. a) Consumo de matéria seca por visita ao cocho eletrônico; b) Tempo em ingestão; c) Número de visitas com ingestão; d) Taxa de consumo de alimentos (g/min). (*Diferenças significativas para a interação metrite x semana - $P < 0,05$, pelo teste de Tukey) (adaptado de Vargas, 2015).

Quando se analisam os dados em conjunto, observa-se que a ocorrência de metrite (que ocorreu em médias aos 13 dias pós-parto) reduziu o apetite dos animais, que permaneceram o mesmo tempo no cocho ingerindo alimento, mas com uma reduzida taxa de consumo, o que culminou no menor consumo de matéria seca por visita ao cocho. O número de visitas com ingestão também reflete esta redução do apetite, uma vez que as vacas com metrite realizaram um maior número de visitas com ingestão (Figura 7) (VARGAS, 2015). Similarmente, ao comparar o tempo despendido na alimentação, Von Keyserlingk e Weary (2010) também observaram diferença nos animais com metrite, que passaram menos tempo se alimentando do que as vacas saudáveis, tanto antes como após o parto.

Um dos objetivos do projeto conduzido na Embrapa Gado de Leite é de-

envolver indicadores fisiológicos e comportamentais a partir de dados gerados pelos cochos eletrônicos. Esses indicadores poderão ser usados como referência do comportamento ingestivo de vacas e poderão ser utilizados para o desenvolvimento de softwares que monitorem os animais individualmente e criem alertas para quando um animal apresentar consumo fora de sua margem de variação esperada. A partir destes alertas, os animais poderão ser direcionados para exames clínicos, como uma estratégia de antecipar o diagnóstico de doenças no início da lactação.

Como forma de demonstrar a aplicabilidade destes resultados, foram avaliados o consumo de duas vacas da raça Holandês com afecções clínicas no pós-parto. A ocorrência de um caso de metrite clínica diagnosticado aos 10 dias de lactação, quando iniciou-se o tratamento à base de antibioticoterapia sistêmica, está representado na Figura 8 (CARVALHO et al., 2014). Ao avaliar o consumo de matéria seca, observa-se que o quadro infeccioso pode ter se instalado dois dias antes do diagnóstico, quando houve redução considerável no consumo de alimentos. Por outro lado, após o tratamento, observa-se um aumento gradual do consumo, o que demonstra a recuperação do animal.

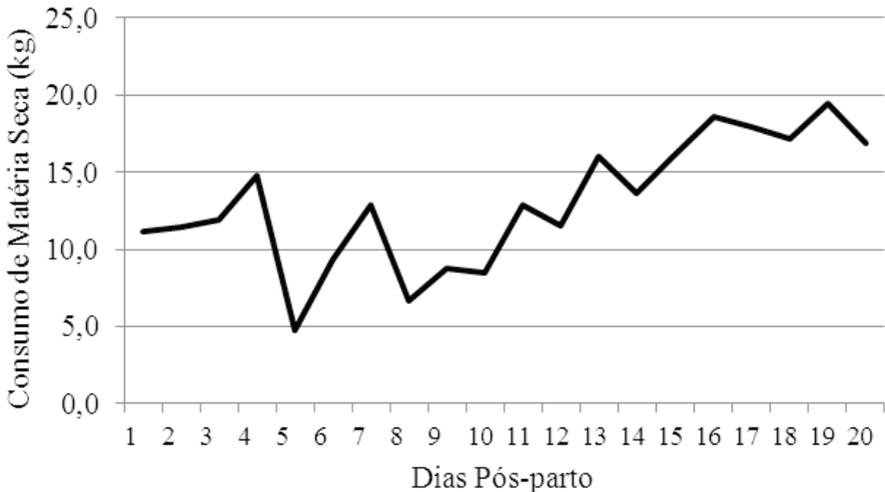


Figura 8. Consumo de matéria seca de uma vaca diagnosticada com metrite aos 10 dias pós-parto (seta), quando foi iniciado tratamento à base de antibioticoterapia (Carvalho et al. 2014 – leite Integral).

Outro exemplo que pode ser dado é o caso clínico de uma vaca, diagnosticada com deslocamento de abomaso ao nove dias de lactação e tratada cirurgicamente no 11^o dia pós-parto. Após a cirurgia, o animal apresentou pronto reestabelecimento no consumo de alimentos (CARVALHO et al., 2014). Apesar do diagnóstico aos nove dias, a vaca apresentou redução gradual do consumo de alimentos, a partir de quatro dias de lactação, quando provavelmente iniciou-se o deslocamento do abomaso.

Considerações finais

Mesmo com os inúmeros estudos e progressos já realizados sobre os eventos que ocorrem no período de transição e a fisiologia reprodutiva em vacas de leite, ainda se faz necessário uma maior compreensão dos fatores envolvidos na interação entre reprodução, nutrição e saúde e como esses fatores afetam o desempenho reprodutivo. O advento de novas ferramentas de pesquisa, em especial na área de biotecnologia, bem como a utilização de novas abordagens dentro da pecuária de precisão devem resultar em aumento do conhecimento com conseqüente manutenção de melhores índices reprodutivos em rebanhos de alta produtividade.

Referências

ABAYASEKARA, D.R.E; WATHES, D.C. Effects of altering dietary fatty acid composition on prostaglandin synthesis and fertility. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 61(5), p. 275-287, 1999.

AUNGIER, S. P. M.; ROCHE, J. F.; DUFFY, P. et al. The relationship between activity clusters detected by an automatic activity monitor and endocrine changes during the peri-estrous period in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 1666-1684, 2015.

AZZARO, G.; CASCCAMO, M.; FERGUSON, J. D. et al. Objective estimation of body condition score by modeling cow body shape from digital images. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 2126-2137, 2011.

BAUMAN, D. E. e CURRIE, W.B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, v. 62, p. 1514-1528, 1980.

BEAGLEY, J.C., WHITMAN, K.J., BAPTISTE, K.E. et al. Physiology and Treatment of Retained Fetal Membranes in Cattle. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 24, p. 261–268, 2010.

BEAM, S. W. e BUTLER, W. R. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation post-partum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. **Biology of Reproduction**. v. 56, p. 133–142, 1997.

BELL, A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, v. 73, p. 2804–2819. 1995.

BEWLEY, J. M.; PEACOCK, A. M.; LEWIS, O. et al. Potential for estimation of body condition scores in dairy cattle from digital images. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 3439-34353, 2008

BOSSAERT, P.; LEROY, J. L. M. R.; DE VliegHER, S. et al. Interrelations between glucose-induced insulin response, metabolic indicators and time of first ovulation in high-yielding dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 3363-3371, 2010.

BRITT, J. H. Influence of nutrition and weight loss on reproduction and early embryonic death in cattle. In: **Proceedings of XVII World Buiatric Congress**, p. 143–149, 1992.

BUTLER W. R. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 60, p.449-457, 2000.

BUTLER, S. T., PELTON, S. H., & BUTLER, W. R. Energy balance, metabolic status, and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 2938-2951. 2006.

BUTLER, W. R. Produção de leite, balanço energético negativo e fertilidade em vacas leiteiras. In: XII Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos. **Anais...** Uberlândia: Conapec Jr., p. 26-36, 2008.

CANFIELD, R. W.; BUTLER, W. R. Energy balance and pulsatile luteinizing hormone in early postpartum dairy cows. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 7, p. 323-330, 1990.

CARVALHEIRA, L. R. **Efeito de dieta com diferentes níveis de proteína degradável e não degradável no rúmen sobre características do folículo dominante e na qualidade de oócitos de vacas Girolando (*Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*) em lactação.** 2015. 71 fl. Dissertação (Mestrado em Clínica e Reprodução Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

CARVALHO, B. C.; OLIVEIRA, V. M.; PIRES, M. F. A. et al. Manejo Reprodutivo. In: Auad, A. M.; Santos, A. M. B.; Carneiro, A. V. et al. **Manual de Bovinocultura de Leite.** Brasília: LK Editora; Belo Horizonte: Senar-AR/MG; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. p.85-121. 2010

CARVALHO, B. C.; SANTOS, G. B.; BRANDÃO, F. Z. et al. Follicular concentration of IGF-I and insulin in the postpartum of Girolando cross-bred cows. *Animal Reproduction*, v. 11, p. 451 (Proceedings 28th Annual meeting of Brazilian Embryo Transfer Society)

CARVALHO, B. C.; MACHADO, F. S.; PIRES, M. F. A.; CAMPOS, M. M.; VARGAS, M. W. **Pecuária de precisão: pesquisa em saúde e comportamento alimentar.** Revista Leite Integral. São Paulo: n.68. p. 68-72. 2014.

CHAPINAL, N., CARSON, M., DUFFIELD, T.F., et al. The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 4897–4903, 2011.

CHILDS S.; HENNESSY A. A.; SREENAN, J. M. et al. Effect of level of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on systemic and

tissue fatty acid concentrations and on selected reproductive variables in cattle. **Theriogenology**, v. 70, p. 595-611, 2008.

CHIZZOTI, M.L., MACHADO, F.S., VALENTE, E.E.L., PEREIRA, L.G.R., CAMPOS, M.M., TOMICH, T.R., COELHO S.G., RIBAS M.N. Technical note: Validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 1–5. 2015.

DEFRONZO, R. A. Pathogenesis of type-2 diabetes mellitus. **Med. Clin. North Am.**, v. 88, p. 787-835, 2004.

DISKIN, A. G. et al. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 78, p. 345-370, 2003.

DOBSON, H., SMITH, R., ROYAL, M., KNIGHT, C., SHELDON, I., The high-producing dairy cow and its reproductive performance. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 42 (Suppl. 2), p. 17–23. 2007.

DRACKLEY, J.K. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 2259-2273. 1999.

FOULADI-NASHTA A. A.; WONNACOTT, K. E.; GUTIERREZ C. G. et al. Oocyte quality in lactating dairy cows fed on high levels of n-3 and n-6 fatty acids. **Reproduction**, v. 138, p. 771-781, 2009.

GALVÃO, K. N., M. B. J. F. FLAMINIO, S. B. BRITTIN, R. SPER, M. FRAGA, L. CAIXETA, A. RICCI, C. L. GUARD, W. R. BUTLER, AND R. O. GILBERT. Association between uterine disease and indicators of neutrophil and systemic energy status in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p.2926–2937, 2010.

GARNSWORTHY, P.C., SINCLAIR, K.D., WEBB, R. Integration of physiological mechanisms that influence fertility in dairy cows. **Animal**, v. 2, 1144–1152. 2008.

HALACHMI I, P.POLAK, D.ROBERTS, M.KLOPCIC. Cow body shape and automation of scoring BCS. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 4444–4451. 2008.

HAMMON, D. S., EVJEN, I. M.; DHIMAN, T. R.; GOFF, J. P. & WALTERS, J. L. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. **Veterinary Immunology Immunopathology**. v. 113, p. 21-29. 2006

HUZZEY, J.A., D.M. VEIRA, D.M. WEARY, AND M.A.G. VON KEYSERLINGK. Behavior and intake measures can identify cows at risk for metritis. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 3320-3233. 2007.

Kamemori, Y.; Wakamiva, K.; Nishimura, R. et al. Expression of apoptosis-regulating factors in bovine retains placentae. **Placenta**, v. 32, p. 20-26 , 2011.

KENDRICK K. W. et al. Effects of energy balance on hormones, ovarian activity, and recovered oocytes in lactating holstein cows using transvaginal follicular aspiration. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 1731–1741, 1999.

KIMURA, K., GOFF, J.P., KEHRLI JR., M.E. Effects of the presence of the mammary gland on expression of PMN adhesion molecules and myeloperoxidase activity in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 2385–2392, 1999.

LEBLANC,S.J.; LISSEMORE, K.D.; KELTON, D.F. et al, Major advances in disease prevention in dairy cattle. **Journal Dairy Sci.**, v. 89, p. 1267-79, 2006.

LEBLANC, S.J. Postpartum uterine disease and dairy herd reproductive performance: a review. **Veterinary Journal**, v. 176, 102–114, 2008

LEBLANC S. Assessing the association of the level of milk production with reproductive performance in dairy cattle. **Journal Reprod Dev.**, v.56, p. S1-7, 2010.

LEROY, J. L. M. R. et al. Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine 117 oocytes in vitro. **Reproduction**, v. 130, p. 485-495, 2005.

LEROY, J. L. M. R. et al. Typical metabolic changes in high producing dairy cows early postpartum and their consequence on oocyte ad embryo quality. **Vlaams Diergeneeskunding Tijdschrift**, v. 75, p. 95-105, 2006.

LEROY JLMR, VAN SOOM A, DE KRUIF A, LEROY, J.L., OPSOMER, G., VAN SOOM, A., GOOVAERTS, I.G.F., BOLS, P.E. Reduced fertility in high-yielding dairy cows: are the oocyte and embryo in danger? Part I. The importance of negative energy balance and altered corpus luteum function to the reduction of oocyte and embryo quality in high-yielding dairy cows. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, p. 612–622, 2008.

MCNAUGHTON, A.P.; MURRAY, R.D. Structure and function of the bovine fetomaternal unit in relation to the causes of retained fetal membranes. **Veterinary Record**., v. 165, p. 615-22, 2009.

MACMILLAN, K. L. Reproductive Management. In: VAN HORN, H. H. E WILCOX, C. J. (ed.) **Large dairy herd management**. Savoy: American Dairy Science Association, p. 88-98, 1999.

OSPINA, P.A.; NYDAN, D.V.; STOKOL, T. et al. Evaluation of nonesterified fatty acid and beta-hydroxybutyrate in transiuton dairy cattle in the northeastern United States. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 546-554, 2010.

OVERTON, T. R., AND M. R. WALDRON. Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. **Journal of Dairy Science**, v.87(Suppl. 13), E105–E119, 2004.

OZKAYA, S. E BOZKURT, Y. The relationship of parameters of body measures and body weight using digital image analysis in pre-slaughter cattle. **Arch. Tierz., Dummerstorf**, v. 51, n. 2, p. 120-128, 2008;

RHOADS M. L.; RHOADS, R. P.; GILBERT, R. O. et al. Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. **Anim. Reprod. Sci.**, v. 91, p. 1-10, 2006.

RUTTEN, C. J.; VELTHIUS, A. G. J. STEENEVELD, W AND HOGEEVEN, H. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 1928-1952, 2013.

SANTOS, J. E. P.; THATCHER, W. W.; CHEBEL, R. C. et al. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrous synchronization programs. **Animal Reproduction Science**, v. 82-83, p. 513-535, 2004.

SANTOS, J. E. P.; CERRI, R.L.A.; SARTORI, R. Nutritional management of the donor cow. **Theriogenology**, v. 69, p. 88- 97, 2008.

SANTOS, J. E. P. Uso de gordura em dietas de vacas no pé parto e em lactação In: Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos. **Anais...** Uberlândia: 18 E 19 de março de 2010. p. 99-119.

SARTORI, R.; HAUGHIAN, J. M.; SHAVER, R. D. et al. Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. **Journal of Dairy Science.**, v. 87, p. 905-920, 2004.

SARTORI, R. et al. Influência da ingestão alimentar na produção de embriões bovinos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 35 (Supl 3), p. 869-873, 2007.

SILKE, V.; DISKIN, M.G.; KENNY, D.A. et al. Extent, pattern and factors associated with late embryonic loss in dairy cows. **Anim. Reprod. Sci.**, v. 71, p. 1-12, 2002.

STAPLES, C. R., THATCHER, W. W. Relationships between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 73, p. 938-942, 1990.

TEAGASC. Dairy cow fertility: Reproductive performance for efficient pasture-based systems – International Conference. Cork: Teagasc, 2012. 124 p. Disponível em: <http://www.agresearch.teagasc.ie/moorepark/publications/pdfs/dairycowfertilityconference.pdf>

URTON, G., M. A. G. VON KEYSERLINGK, AND D. M. WEARY. Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 2843–2849, 2005.

VANHOLDER, T.; LEROY, J. VAN SOOM, A. et al. Effect of non-esterified fatty acids on bovine theca cell steroidogenesis and proliferation in vitro. **Animal Reproduction Science**, v. 92, p. 51-63, 2006.

VARGAS, M. W. **Avaliação automatizada do comportamento ingestivo de vacas da raça Holandês com metrite puerperal**. 2015. 73 fl. Dissertação (mestrado em Reprodução, sanidade e bem estar animal): Universidade de José do Rosário Vellano – Unifenas, Alfenas.

VASCONCELOS, J.L.M. . Manejo reprodutivo de vacas leiteiras. In: Prof. Ilto José Nunes. (Org.). **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**. 29ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1999, v. , p. 51-70.

VON KEYSERLINGK, M.A.G. AND D.M. WEARY. INVITED REVIEW: Feeding Behaviour of Dairy Cattle: Measures and Applications. **Can. J. of Anim. Sci.** 90:303-309. 2010.

WATHES, D. C.; CHENG, Z.; CHOWDHURY, W. Negative energy balance alters global gene expression and immune responses in the uterus of postpartum dairy cows. **Physiol. Genomics**, v. 39, p. 1-13, 2009.

WILTBANK MC, GUMEN A, SARTORI R. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. **Theriogenology**, v. 57, p. 21-52, 2002.

WILTBANK, M. et al. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. **Theriogenology**, v. 65, p. 17-29, 2006.

Wiltbank, M. C.; Sartori, R.; Herlihy, M. M. et al. Managing the dominant follicle in lactating dairy cows. **Theriogenology**, v. 76, p. 1568-1582, 2011.

Woolaston e Shepherd Improvement of the reproductive performance of Victorian dairy herds. s. I: Gardner Foundation., 69 p. 2012. Disponível em: http://www.gardinerfoundation.com.au/attachments/Reproduction%20Review_Gardiner%20Foundation%202011.pdf

YAVAS Y., WALTON J. S. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows: A review. **Theriogenology**, v. 54 p. 1-23, 2000.