



Uso de tecnologias de precisão na reprodução de bovinos leiteiros

bigstockphoto.com

Bruno Campos de Carvalho¹, Maria de Fátima Ávila Pires², Wagner Arbex³, Gustavo Bervian dos Santos⁴

¹Médico Veterinário CRMV-MG 7392 – Pesquisador – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG bruno.carvalho@embrapa.br

²Médica Veterinária CRMV-MG 1023 – Pesquisadora – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG

³Matemático – Analista – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG

⁴Médico Veterinário CRMV-MG 14929 – Doutorando – Universidade Federal Fluminense – Niterói - RJ

Introdução

A eficiência reprodutiva impacta economicamente a produção de leite, por alterar a proporção de vacas em lactação no rebanho e alterar o número médio de dias em lactação do rebanho. O impacto é a redução na produção diária de leite e aumento dos custos associados com o manejo reprodutivo, como assistência técnica e uso de medicamentos e hormônios. Diante dessa importância, o manejo reprodutivo deve ser realizado de forma criteriosa, com a realização de exames ginecológicos. A partir dos da-

Para o manejo reprodutivo, a menor disponibilidade de mão de obra gera consequências graves, como um tempo reduzido para observação de cio dos animais ou a observação de cio em grandes lotes de animais.

dos individuais, tratamentos ou recomendações de manejo podem ser geradas de forma a atender as necessidades de cada animal. Esse tratamento individualizado permite a aplicação do conceito de pecuária de precisão.

Entretanto, os sistemas de produção de leite têm passado por processo de especialização, caracterizado pelo aumento do tamanho dos rebanhos, da produtividade e, marcadamente, pela redução da relação homem:vaca. 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). Para o manejo reprodu-

tivo, a menor disponibilidade de mão de obra gera consequências graves, como um tempo reduzido para observação de cio dos animais ou a observação de cio em grandes lotes de animais. Ainda, o diagnóstico de afecções reprodutivas, como infecções uterinas, ocorre tardiamente ou quando já existe comprometimento sistêmico do animal, com maiores efeitos sobre a produção de leite e fertilidade futura.

Tecnologias de pecuária de precisão podem ser aplicadas ao manejo reprodutivo de vacas de leite para a superação desses problemas. A geração de dados individualizados das vacas do rebanho, a partir de sensores, é prática que vem sendo desenvolvida desde a década de 1980 em sistemas de produção nos Estados Unidos e em outros países da Europa, como o uso de pedômetros para a detecção de cio, por exemplo (Rutten *et al.*, 2013). A presente revisão tem por objetivo fazer uma análise dos principais problemas do manejo reprodutivo de vacas leiteiras e como a adoção de tecnologias de precisão pode permitir o aumento da eficiência reprodutiva.

Manejo reprodutivo em vacas leiteiras

De forma geral, o manejo reprodutivo pode ser dividido de acordo com as fases do ciclo reprodutivo, em puerpério, período de inseminação/cobrição, gestação e parto. Durante a gestação, podem ser realizados diagnósticos de gestação confirmatórios, especialmente em propriedades com histórico de taxas de aborto elevadas. É uma fase de preparação da vaca para o próximo parto e lactação, em que a nutrição deve proporcionar uma recuperação das reservas corporais, de forma a garantir um adequado escore da condição corporal à secagem e durante o período de transição. Durante

a fase de parto, o manejo reprodutivo objetiva garantir um parto normal, sem ocorrência de distocia e que termine com a liberação da placenta, nas primeiras 12 horas pós-parto.

Durante o puerpério, geralmente os veterinários adotam a realização de exames clínicos e/ou ginecológicos para o acompanhamento da involução uterina e ocorrência de infecções uterinas. Para tanto, métodos como a palpação transretal e a ultrassonografia são utilizados para verificar a posição, o tamanho e presença de conteúdo no útero. A vaginoscopia também pode ser utilizada para verificar a presença de secreção no fundo de saco vaginal e óstio cervical externo. Nesse período, o objetivo do manejo reprodutivo é o diagnóstico de infecções que atrasem a involução uterina e, por consequência, a liberação dos animais para a inseminação.

Após o período voluntário de espera, geralmente considerado de 45 dias, inicia-se a fase de inseminação das vacas. É o período em que se espera que as vacas retornem ao cio no pós-parto e sejam apropriadamente inseminadas. Nesse período, o objetivo do manejo reprodutivo é a identificação dos animais com atraso no retorno ao cio no pós-parto, bem como uma avaliação da eficiência reprodutiva da propriedade, com base na eficiência na detecção de cio e da taxa de concepção após a inseminação. Regularmente, devem ser realizados exames ginecológicos naqueles animais com mais de 45 dias pós-parto e que ainda não manifestaram cio. Nesse momento, também devem ser realizados exames ginecológicos para diagnóstico de gestação dos animais inseminados há mais de 30 dias (exame ultrassonográfico) ou 45 dias (palpação transretal).

Essa é a fase em que é gerada maior

quantidade de informações, as quais são referentes não somente ao exame ginecológico da vaca, mas também ao inseminador e aos funcionários envolvidos na observação de cio dos animais. De posse das informações individuais, o médico veterinário recomenda tratamentos ou manejos “personalizados”. Ou seja, a decisão do procedimento a ser adotado com a vaca dependerá de suas informações produtivas, como dias em lactação, produção de leite, histórico de inseminações, bem como dos achados do exame ginecológico. Tratamentos individuais podem ser adotados para a resolução dos problemas encontrados, como protocolos hormonais para o tratamento de cistos foliculares ou para a indução e sincronização do cio e da ovulação, para inseminação após observação do cio ou mesmo para a IATF (Ferreira, 2010; Carvalho *et al.*, 2010).

De forma geral, dois problemas causam maior impacto na eficiência reprodutiva em vacas leiteiras, o atraso no retorno ao cio no pós-parto e a baixa eficiência na detecção de cio (Walsh *et al.*, 2011). O primeiro é intrínseco ao animal, decorre de falhas no manejo nutricional e está relacionado ao escore da condição corporal. Por outro lado, a detecção de cio é um problema que decorre não só da baixa intensidade de manifestação dos sinais de cio (Dobson *et al.*, 2007), mas também da disponibilidade de mão de obra para realizar esse serviço (Rutten *et al.*, 2013).

Sinais de cio e sua identificação em vacas leiteiras

O comportamento sexual dos bovinos é caracterizado por um período de receptividade sexual em que a fêmea aceita a monta, seja esta realizada por um macho ou por outras

fêmeas. Esse período é denominado de estro ou cio, tem duração média de 12 horas e se repete a intervalos de 21 dias (com variação de 18 a 23 dias). Fisiologicamente, o proestro é caracterizado por um pico nas concentrações plasmáticas de estrógeno que, associado a baixas concentrações de progesterona, estimula o comportamento sexual e induz o pico pré-ovulatório de LH. Apesar de o comportamento de aceitação de monta ser conclusivo para a detecção do cio, outros comportamentos são observados nos dias que precedem e nos que sucedem o cio. Esses comportamentos são: inquietação, com aumento da atividade física, tentativa de monta em outras vacas, apoiar a cabeça/queixo na garupa de outras vacas, edema da vulva, presença de muco cervicovaginal, tentativa de cheirar e lambe a vulva de outras vacas, reflexo de *Flehmen* e aumento de comportamentos agonísticos entre vacas, como interações cabeça com cabeça. Esses comportamentos sexuais secundários começam a ser manifestados no período de pró-estro, de um a dois dias antes do cio, atingem uma frequência máxima durante o estro e tem sua manifestação reduzida no metaestro (Carvalho *et al.*, 2010; Ferreira, 2010).

A recomendação para observação e detecção visual de cio é de pelo menos 30 minutos, duas vezes ao dia, no início da manhã e ao final da tarde. Para racionalizar o uso da mão de obra na inseminação artificial, pode ser adotado o esquema proposto por Trimberger (1948). Vacas observadas em cio pela manhã são inseminadas no final da tarde e vacas observadas em cio no final da tarde são inseminadas na manhã do dia seguinte, ou seja, 12 horas após a detecção do cio.

Entretanto, em vacas de leite, especialmente as de alta produção, tem-se observado uma redução na manifestação dos sinais de cio. De acordo com Dobson *et al.* (2007), nos últimos 50 anos houve uma redução de 80%

para 50% na manifestação de cio em vacas de leite, associada a uma redução na sua duração de 15 para apenas 5 horas. Fatores como o tipo de piso onde as vacas estão alojadas, a temperatura ambiente, a ordem de parto, a produção de leite e a ocorrência de problemas de casco afetam a manifestação dos comportamentos de cio e a sua duração (Diskin e Sreenan, 2000; Dobson *et al.*, 2007; Walsh *et al.*, 2011).

Com relação à produção de leite, vacas de alta produção (maior que 39 litros/dia) apresentam cios mais curtos do que aquelas de menor produção (6,2h *versus* 10,9h). Também, a duração dos episódios de monta é menor (21,7 *versus* 28,2s) (Lopez *et al.*, 2004). Uma das explicações para a menor duração e intensidade da manifestação do estro são as menores concentrações plasmáticas de estrógeno, decorrentes de um maior “clearance” hepático de esteroides em vacas de leite de alta produção (Wiltbank *et al.*, 2006). Dessa forma, a manifestação menos evidente e a menor duração têm dificultado a detecção do cio em vacas de leite.

Por outro lado, o comportamento de cio de vacas de raças zebuínas é diferente do daquelas de raças taurinas. Em um trabalho que comparou a duração do estro da raça Nelore (zebuína) com a da raça Angus (taurina), a duração do cio foi menor em vacas Nelore ($12,9 \pm 2,9$ h) do que nas vacas Angus ($16,3 \pm 4,8$ h) (Mizuta *et al.*, 2003). O pico de LH que coincide com o início do cio e a ovulação ocorre de 26 a 28 horas após o início do cio (Pinheiro *et al.*, 1998). Uma menor duração do cio e uma maior frequência de cios ocorrendo durante o período da noite reduzem, em animais ze-

buínos, a eficiência da detecção do cio. Essa maior dificuldade na detecção do cio é uma das justificativas para o crescente uso de protocolos hormonais para a inseminação artificial em tempo fixo, observado nos últimos anos no Brasil (Sartori e Barros, 2011).

Ferramentas que auxiliam a detecção de cio têm sido adotadas, em maior ou menor grau, em rebanhos leiteiros. O uso de ruínas, com ou sem buçais marcadores, o uso de bastões de cera para marcação da garupa das vacas e o uso de dispositivos para serem aderidos na garupa de vacas e que mudam de cor após sofrer a pressão da monta (Kamar, Bovine Beacon, Master Mate) podem ser citados como alternativas para melhorar a detecção do cio (Diskin e Sreenan, 2000).

Detecção eletrônica do cio

Devido à crescente dificuldade na observação de cio em vacas de leite, há mais de 40 anos vêm sendo desenvolvidos equipamentos que dispensem a observação visual e automatizem a detecção do cio. A primeira patente de um equipamento com essa finalidade foi concedida em 1974 (Polson, 1974) e descreve um aparato eletrônico para a detecção e registro do comportamento de cio. É baseado em um sensor de pressão a ser fixado na ga-

rupa da vaca para transmitir um sinal de rádio quando a vaca receber a monta por outros animais. Atualmente, existem duas classes de dispositivos para detecção eletrônica de cio disponíveis comercialmente em diferentes países, uma com base em sensores de pressão capazes de registrar a monta sofrida pela vaca em cio, e

Atualmente, há duas classes de dispositivos para detecção eletrônica de cio, disponíveis comercialmente em diferentes países, uma com base em sensores de pressão capazes de registrar a monta sofrida pela vaca em cio, e outra com base em sensores que avaliam a atividade dos animais.

outra com base em sensores que avaliam a atividade dos animais.

De acordo com Senger (1994), um sistema de detecção de cio deve ter como princípio uma elevada acurácia na detecção, com reduzido uso de mão de obra e com uma indicação apropriada do momento ótimo para realização da inseminação artificial. Dessa forma, um sistema automático de detecção de cio deve garantir um monitoramento contínuo e confiável de mudanças fisiológicas ou comportamentais que ocorrem durante o estro. Esse sistema também deve promover a identificação automática do animal e ser capaz de armazenar informações e apresentar custo-benefício favorável. Ainda, o fator mais importante é que a característica avaliada seja altamente correlacionada com o momento de ovulação, o que garantirá uma elevada taxa de concepção após a inseminação artificial.

O sistema HeatWatch® (Heat Watch II, CowChips, EUA, <http://www.cowchips.net/>), disponível comercialmente nos Estados Unidos e Europa, utiliza sensores de pressão para detectar uma monta sofrida por uma vaca em cio. Consiste em um mini transmissor de rádio, alojado dentro de uma estrutura plástica, que é ativado pelo peso exercido pela monta de outra vaca, em uma monta que dure pelo menos dois segundos. Cada ativação do sensor gera uma transmissão por ondas de rádio até uma antena de recepção e daí para um computador. O alcance da transmissão é de até 400 metros. Os dados recebidos de cada transmissão, como identificação da vaca, data

O sistema HeatWatch® ... utiliza sensores de pressão para detectar uma monta sofrida por uma vaca em cio.

A relação entre o aumento da atividade física e a manifestação do cio é conhecida há bastante tempo. A detecção de cio com base em pedômetros é mediada por tags eletrônicas que identificam o animal e registram o número de passos.

da monta, tempo e duração da ativação do sensor, são analisados e, por meio de um algoritmo, é estabelecido o perfil de monta do animal e a ocorrência ou não do cio.

A eficiência desse sistema é superior a 85%, com uma elevada acurácia, uma vez que utiliza o comportamento característico do cio, que tem alta correlação com o momento da ovulação. Entretanto, esse sistema tem como desvantagens o baixo alcance de transmissão, que limita seu uso em vacas a pasto, e a detecção apenas de montas que durem mais de dois segundos (Chaint-Dizier e Chaistant-Mailard, 2012; Stevenson, 2014).

A relação entre o aumento da atividade física e a manifestação do cio é conhecida há bastante tempo (Farris, 1954). Em 1977, foram utilizados pedômetros desenvolvidos para uso humano para registrar a variação na atividade física durante o cio de vacas da raça Holandesa. Observou-se um aumento de 393% na atividade física dos animais durante o cio (Kiddy, 1977). Esses trabalhos foram a base para o desenvolvimento de equipamentos próprios para o monitoramento da atividade física e detecção do cio em bovinos.

De acordo com Galon (2010), um sistema eletrônico de detecção de cio com base em pedômetros é composto por tags eletrônicas que identificam o animal e registram o número de passos; uma antena faz a leitura dos dados acumulados no pedômetro; um computador com *software* específico para a interpretação dos dados; e uma interface de comunicação entre a antena de leitura e o

software. Após receber um sinal de rádio com uma requisição de identificação enviada pelo computador, o pedômetro envia um sinal para ativação da antena e transmite os dados de identificação do animal e da sua atividade desde o último período de leitura. A interface de comunicação faz a translação dos dados analógicos para uma sequência digital que é enviada para o *software*. O *software* processa os dados e identifica automaticamente o aumento da atividade física do animal, característica de cio, e indica um intervalo de tempo em que a inseminação artificial deve ser realizada.

Inicialmente, os pedômetros eram construídos a partir de sensores de mercúrio, em que a movimentação dos animais provocava o deslocamento de uma gota de mercúrio em suspensão, o que fechava um contato elétrico que era registrado. No passado, esses pedômetros eram interligados a radiotransmissores de baixo alcance. A desvantagem desses sistemas era a reduzida vida útil das baterias utilizadas nos transmissores e o baixo alcance de transmissão. 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. Ainda, alguns pedômetros podem controlar a posição do animal (eixo x-y-z) e registram o tempo que o animal permanece deitado, por exemplo. 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 (Roelofs *et al.*, 2010; Stevenson, 2014; Aungier *et al.*, 2015). Isso gera um baixo consumo de energia, com maior vida útil da bateria. Além disso, a capacidade de armazenamento de dados permite a transmissão de dados no momento da ordenha, quando as vacas passam por cortinas de leitura que ativam

a transmissão dos dados. Aproximadamente 18 tipos de dispositivos de dez diferentes empresas que desenvolvem o monitoramento da atividade de vacas com a finalidade de identificá-las em cio estão disponíveis no mercado mundial. DeLaval, IceRobotics, Fujitsu, SAC, SCR, Afimilk, Select Sires, CRV e Semex são algumas das empresas que comercializam esses equipamentos em diferentes países pelo mundo.

A sensibilidade desses sistemas de detecção de cio foi revisada por Roelofs e van Erp-van der Kooij (2015). A sensibilidade variou de 36 a 78%, que foi maior que a verificada para a observação visual do cio, que variou de 20 a 59%. O valor preditivo positivo desses sistemas variaram de 74 a 97%, o que não foi melhor nem pior do que a observação visual. Esses dados mostram confiabilidade no uso de dispositivos eletrônicos para o monitoramento do cio em vacas de leite.

A base para os elevados valores de sensibilidade e valor preditivo positivo está no uso da computação científica para desenvolvimento de *software*. Atualmente, algoritmos têm sido desenvolvidos usando ferramentas de computação científica, como aprendizado de máquina. Esses algoritmos consideram, entre outros, a média da atividade física do animal nos dias que precedem o cio, o intervalo do último cio e/ou inseminação, entre outros. Um fator que também é considerado no desenvolvimento dos algoritmos é o ritmo circadiano da atividade física (Lovendal e Chagunda, 2010).

Uma vez que cada sistema eletrônico de detecção de cio é baseado no uso de algoritmos específicos, cada sistema tem determinado um momento ótimo para a realização da inseminação artificial, conforme revisado por Roelofs e van Erp-van der Kooij (2015). A característica mais importante, porém, é que a atividade física apresenta alta correlação com

o pico pré-ovulatório de estradiol. Lyimo *et al.* (2000) verificaram que a máxima atividade física ocorreu cerca de oito horas após o pico de estradiol e, por consequência, da ovulação. Dessa forma, o desenvolvimento desses equipamentos eletrônicos leva em consideração o momento da ovulação, para prever o momento ideal para realização da inseminação artificial.

Outros dispositivos e aplicações têm sido desenvolvidos para o monitoramento do cio em vacas leiteiras, além dos sensores de atividade e monta. O monitoramento automático das concentrações de progesterona no leite vem sendo utilizado desde 2009, na Dinamarca, em sistemas de ordenha voluntária (robótica). O *software* desenvolvido (Herd Navigation®, DeLaval Corporation) permite ajustar o número de testes por ciclo estral e identificar a potencial situação reprodutiva da vaca, como anestro pós-parto, em ciclicidade e potencialmente gestante. Além disso, o *software* gera um alerta para a ocorrência de cio quando a concentração de progesterona no leite encontra-se abaixo de 4ng/mL, o que permite uma taxa de detecção de cio de até 95%. Os algoritmos desenvolvidos permitem, ainda, calcular a probabilidade de sucesso da inseminação artificial a ser realizada, com base na duração da fase luteal prévia e na cinética de redução da concentração de progesterona (Stevenson, 2014).

O videomonitoramento tem sido utilizado para a identificação de cio, a partir do desenvolvimento de *software* capaz de identificar o movimento das vacas e a posição de imobilidade para ser montada por outras va-

Outros dispositivos e aplicações têm sido desenvolvidos para o monitoramento do cio em vacas leiteiras, além dos sensores de atividade e monta. O monitoramento automático das concentrações de progesterona no leite vem sendo utilizado desde 2009, na Dinamarca, em sistemas de ordenha voluntária (robótica).

cas (Bruyère *et al.*, 2012). Outra aplicação é o desenvolvimento de sensores de proximidade com transmissão e recepção simultâneas de sinal UHF, capazes de quantificar a frequência e duração de interações próximas entre vacas (O'Neill *et al.*, 2014). Sensores de radiofrequência que utilizam banda ultra larga (Ultra Wide Band) têm sido utilizados, em conjunto com antenas de transmissão e recepção, para determinar a

posição de animais tanto no eixo horizontal quanto no vertical, o que tem permitido o desenvolvimento de *software* para a identificação automática de animais em cio (Homer *et al.*, 2013). Ainda, algoritmos foram desenvolvidos para automatizar a identificação de cio com base na temperatura da superfície corporal, obtida a partir de câmeras termográficas (Talukder *et al.*, 2014). Todas essas aplicações têm sido objeto de pesquisa e desenvolvimento e a expectativa é de que em futuro próximo sejam disponibilizados no mercado mundial equipamentos que embarquem essas novas tecnologias.

Uso de dispositivos eletrônicos para o monitoramento de vacas com metrite clínica

Um dos desafios futuros da pecuária de precisão é o desenvolvimento de equipamentos e aplicativos dotados de inteligência computacional. Ou seja, além da geração de dados individualizados a partir de dispositivos eletrônicos, é preciso o uso da computação

científica para que esses dados sejam automaticamente analisados e gerem informações que auxiliem os produtores rurais na tomada de decisão. Para tanto, é preciso um maior conhecimento das alterações e diferenças observadas entre vacas sadias e as afetadas por diferentes condições clínicas.

Nesse sentido, foram avaliadas 18 vacas da raça Holandesa, durante as primeiras 12 semanas de lactação. Desse grupo de animais, nove vacas mantiveram-se sadias, enquanto outras nove apresentaram casos clínicos de metrite, por infecção natural, aos 13 dias pós-parto, em média (Vargas, 2015). Os animais foram monitorados com um sistema de automação com tecnologia nacional (Intergado®, Seva Engenharia Ltda., Brasil), composto por cochos eletrônicos sobre células de carga, que pesavam constantemente os alimentos (Chizzoti *et al.*, 2015). Associado aos cochos e bebedouros, os animais foram identificados com brinco eletrônico TAG (FDX - ISO 11784/11785; Allflex, Brasil). Foram monitorados o consumo de matéria seca (MS), 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. Associado à menor produção de leite, também foi observado menor consumo de matéria seca (kg/dia) das vacas com metrite nas primeiras semanas pós-parto. Além disso, o comportamento alimentar foi alterado. Vacas com metrite apresentaram menor consumo de matéria seca a cada visita realizada ao cocho eletrônico. O tempo total em ingestão de alimentos, contudo, foi semelhante entre as vacas saudáveis e as com metri-

te, o que refletiu em maior número de visitas ao cocho e em menor taxa de consumo de alimentos (g/min) das vacas com metrite clínica, conforme pode ser visualizado na Figura 1 (Vargas, 2015).

Como forma de demonstrar a aplicabilidade desses resultados, avaliou-se o consumo de uma vaca da raça Holandesa com metrite clínica diagnosticada aos 10 dias de lactação (Fig. 2). Imediatamente após o diagnóstico, iniciou-se o tratamento à base de antibioticoterapia sistêmica. As vacas do rebanho foram acompanhadas semanalmente por um médico veterinário, sendo submetidas a exames ginecológicos puerperais até o fim do período voluntário de espera. Já havia alteração no consumo de matéria seca dois dias antes do diagnóstico clínico da metrite. Ainda, após o tratamento, houve rápida recuperação no padrão de consumo (Fig. 2).

Analisados em conjunto, o consumo de matéria seca e o comportamento alimentar podem ser utilizados para o monitoramento da saúde de vacas no início da lactação. Para tanto, é preciso a aplicação da computação científica para o desenvolvimento e validação de indicadores que associem as diferentes características de consumo e o comportamento alimentar e gerem limites críticos que estejam associados à ocorrência de afecções puerperais. Assim, será possível identificar precocemente o estabelecimento dessas afecções, o que permitirá diagnóstico e tratamento mais precoces que reduzam os efeitos negativos sobre a produtividade dos animais.

Avaliação automatizada do Escore da Condição Corporal (ECC)

O ECC é um dos principais parâmetros utilizados para avaliação do manejo nutricional e reprodutivo de vacas leiteiras. Permite

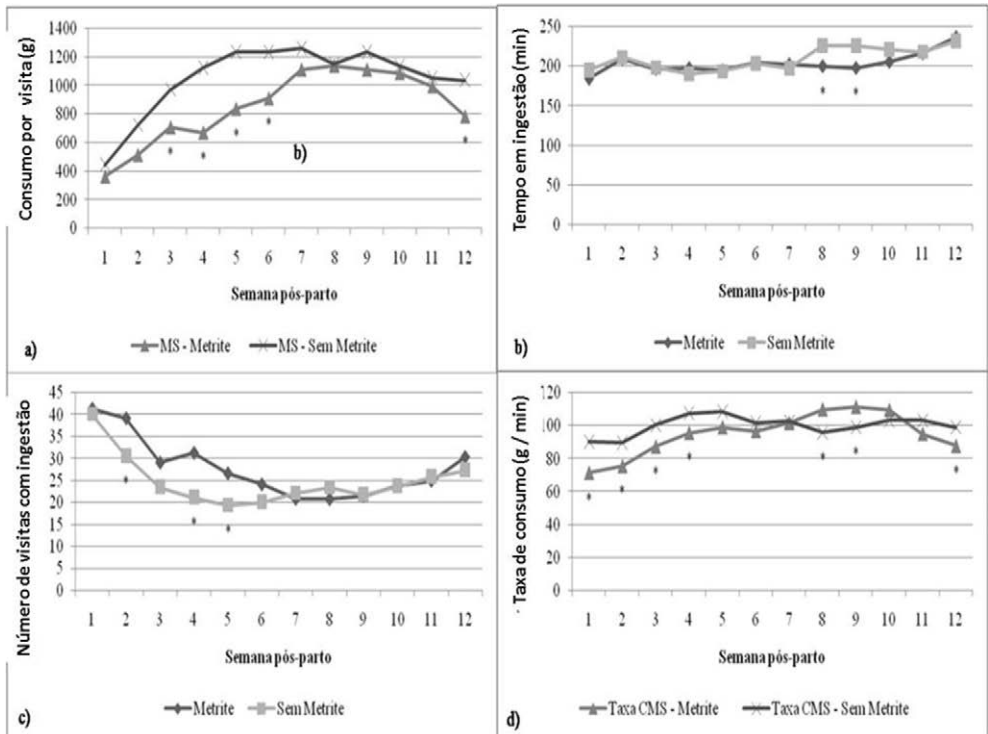


Figura 1: Comportamento ingestivo durante as primeiras 12 semanas de lactação, de vacas da raça Holandesa com ocorrência clínica ou não de metrite. a) Consumo de matéria seca por visita ao cocho eletrônico; b) Tempo em ingestão; c) Número de visitas com ingestão; d) Taxa de consumo de alimentos (g/min). (*Diferenças significativas para a interação metrite x semana - $P < 0,05$, pelo teste de Tukey.) Adaptado de Vargas, 2015.

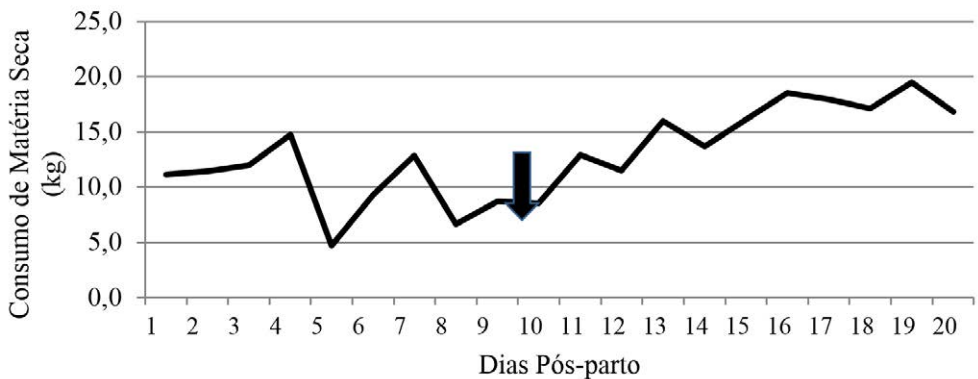


Figura 2: Consumo de matéria seca de uma vaca diagnosticada com metrite aos 10 dias pós-parto (seta), quando foi iniciado tratamento à base de antibioticoterapia (Carvalho *et al.* 2014).

estimar a ocorrência de balanço energético negativo durante o início da lactação, e é altamente correlacionado com o desempenho reprodutivo dos animais (Roche *et al.*, 2009). Apesar dos benefícios da avaliação do ECC, sua utilização ainda é relativamente reduzida, possivelmente em decorrência de sua mensuração subjetiva, o que torna necessário um avaliador treinado para que haja consistência na avaliação (Azzaro *et al.*, 2011).

Imagens digitais têm sido utilizadas para estimar o ECC (Coffey *et al.*, 2003; Bewley *et al.*, 2008; Jeffrey e Schutz, 2009; Azzaro *et al.*, 2011). Coffey *et al.* (2003) propuseram que a gravação automática de imagens com posterior avaliação do ECC aumentaria a sua utilidade pelos técnicos de fazendas leiteiras. Por outro lado, Ferguson *et al.* (2006) recomendaram a utilização de imagens digitais, que poderiam ser avaliadas à distância por técnicos, os quais poderiam intervir no manejo, principalmente nutricional, sem a presença na fazenda. Esses trabalhos demonstraram a confiabilidade e acurácia no uso das imagens digitais em substituição a uma avaliação *in loco*.

Com o objetivo de superar a subjetividade e possibilitar aplicação mais ampla da avaliação de ECC nos sistemas de produção de leite, diversos grupos de pesquisa têm desenvolvido ações para a automação do processo, 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 a avaliação automatizada do escore corporal disponíveis no mercado e aplicativos para *smartphones* com essa funcionalidade. A empresa DeLaval Corporate possui um sistema integrado, o qual utiliza, para a determinação do ECC, um sensor de presença do animal que, aliado a sensores infravermelhos, captura imagens

tridimensionais para realizar a estimativa do valor do ECC (DELAVAL BCS[®]).

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. O e-Score está em fase final de desenvolvimento do seu protótipo e, efetivamente, desde sua concepção e o estabelecimento da prova de conceito até o momento atual, o aplicativo sempre logrou êxito em sua proposta de determinar o ECC de animais a partir de um conjunto de imagens padrões. Para os testes iniciais, foram utilizadas imagens de vacas da raça Holandesa; porém, outras raças serão incorporadas ao aplicativo (Arbex *et al.*, 2015). Com o uso de inteligência computacional, a tecnologia do e-Score permite a avaliação automatizada do ECC, fazendo a captura e a “leitura” das imagens no próprio dispositivo móvel, sem necessidade de acesso à internet ou conexão com a rede de telefonia celular.

Considerações Finais

O maior custo e a menor disponibilidade de mão de obra na atividade leiteira têm levado ao desenvolvimento de novas tecnologias que auxiliam no manejo reprodutivo. O aumento na eficiência de detecção de cio e o diagnóstico precoce de doenças reprodutivas são exemplos de como essas tecnologias podem contribuir para o aumento da eficiência reprodutiva em bovinos leiteiros. A expectativa é que essas tecnologias sejam gradualmente incorporadas aos sistemas de produção e que, em futuro próximo, façam parte da rotina das propriedades leiteiras no Brasil.

Referências bibliográficas

1. ARBEX, A., SANTOS, K. L. NASCIMENTO, E. O. et al. Computação móvel aplicada à pecuária de precisão para a determinação do escore da condição corporal. In: X Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2015, Ponta Grossa. *Anais do X Congresso Brasileiro de Agroinformática*: Ponta Grossa, 2015.
2. 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 periestrus period in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.98, p. 1666-1684, 2015.
3. AZZARO, G., CACCAMO, M., FERGUSON, J. D. et al. Objective estimation of body condition score by modeling cow body shape from digital images. *J. Dairy Sci.*, v.94, p.126-2137, 2011.
4. BEWLEY, J. M., PEACOCK, A. M., LEWIS, O., et al. Potential for Estimation of Body Condition Scores in Dairy Cattle from Digital Images *J. Dairy Sci.*, v.91, p.3439-3453, 2008.
5. BRUYÈRE, A. P., HÉTREAU, T., PONSART, C. et al. Can video cameras replace visual estrus detection in dairy cows? *Therio.*, v. 77, p. 525–530, 2012.
6. CARVALHO, B. C.; OLIVEIRA, V. M.; PIRES, M. F. A. et al. Manejo Reprodutivo. In: AUAD, A. M.;
7. SANTOS, A. M. B.; CARNEIRO, A. V. et al. *Manual de Bovinocultura de Leite*. Brasília: LK Editora; BeloHorizonte: Senar-AR/MG; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. p.85-121. 2010
8. CARVALHO, B. C., MACHADO, F. S., PIRES, M. F. A. ET AL. *Pecuária de precisão: pesquisa em saúde e comportamento alimentar*. Revista Leite Integral. São Paulo: n.68. p. 68-72, 2014.
9. CHAINT-DIZIER, M. E CHAISTANT-MAILARD, S. Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle. *Reprod. Dom. Anim.*, v. 47, p. 1056-1061, 2012.
10. CHIZZOTI, M. L., MACHADO, F. S., VALENTE, E. E. L. et al. Technical note: Validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 98, p. 1–5, 2015
11. COFFEY, M. P., MCFARLANE, N. A.; MOTTRAM, T. The feasibility of automatic condition scoring. *Holstein. J. Dairy Sci.*, v.66, p.82-83, 2003.
12. DALTON J. C., NADIR S., BAME J. H. et al. 2001. Effect of time of insemination on number of accessory sperm, fertilization rate, and embryo quality in nonlactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.2413-2418, 2001.
13. DISKIN, M. G., SREENAN, J. M. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod. Nutr. Dev.*, v.40, p.481-491, 2000.
14. DOBSON, H., SMITH, R., ROYAL, M., et al. The high-producing dairy cow and its reproductive performance. *Reprod. Dom. Anim.*, v. 42 (Suppl. 2), p. 17–23, 2007.
15. DRANSFIELD M. B. G., NEBEL R. L., PEARSON R. E., WARNICK L. D. Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a telemetric estrus detection system. *J. Dairy Sci.*, v. 8, p. 1874-1882, 1998.
16. FARRIS, E. J. Activity of Dairy cows during estrus. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, v. 125, p. 117,1954.
17. FERGUSON, J. D., G. AZZARO, E G. LICITRA. Body condition using digital images. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.3833-3841, 2006.
18. FERREIRA, A. *Reprodução da fêmea bovina: fisiologia aplicada e problemas mais comuns*. Valença: s.ed., 2010. 420 p.
19. GALON, N, The use of pedometry for estrus detection in dairy cows in Israel. *J. Reprod. Dev.*, v. 56(Suppl.), S48–S52, 2010.
20. HALACHMI I, POLAK, P. ROBERTS, D. et al. Cow body shape and automation of scoring BCS. *J. Dairy Sci.*, v. 91, p. 4444–445, 2008.
21. HOCKEY, C., MORTON, J., NORMAN, S., MCGOWAN, M. Evaluation of a neck mounted 2-hourly activity meter system for detecting cows about to ovulate in two paddock-based Australian dairy herds. *Reprod. Dom. Anim.*, v.45, p.107-117, 2010.
22. HOMER, E. M., GAO, Y, MENG, X et al. Technical note: A novel approach to the detection of estrus in dairy cows using ultra-wideband technology. *J. Dairy Sci.*, v. 96, p.6529 - 6534, 2013.
23. JEFFREY M. B E M SCHUTZ, M. M. Potential of Using New Technology for Estimating Body Condition Scores. In: *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, p. 23-38, 2009.
24. KIDDY C. A, Variation in physical activity as an indication of estrus in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 60, p. 235–243, 1977.
25. LOPEZ, H., SAITTE, L. D. e WILTBANK, M. C. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 81, p. 209-223, 2004.
26. LOVENDAHL, P. e CHAGUNDA, M. G. G. On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.93, p.249-259, 2010.
27. LYIMO, Z. C; NIELEM, I. M; OUWELTJES, W. et al. Relationships among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Therio.genology*, v. 53, p. 1783-1795, 2000
28. MAATJE K., LOEFFLER S. H., ENGEL B. Predicting optimal time of insemination in cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers. *J. Dairy Sci.*, v. 80, p. 1098-1105, 1997.
29. MIZUTA K. *Estudo comparativo dos aspectos comportamentais do estro e dos teores plasmáticos de LH, FSH, progesterona*

- terona e estradiol que precedem a ovulac, ão em fêmeas bovinas Nelore (*Bos taurus indicus*), Angus (*Bos taurus taurus*) e Nelore x Angus (*Bos taurus indicus* x *Bos taurus taurus*). Tese: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.98 fl.
30. O'NEILLA, C. J., BISHOP-HURLEY, G. J., WILLIAMS, P. J. Using UHF proximity loggers to quantify male-female interactions: A scoping study of estrous activity in cattl. et al. *Anim. Reprod. Sci.*
 31. OZKAYA, S. E BOZKURT, Y. The relationships of parameters of body measures and body weight by using digital imaging analyses in pré-slaughter cattle. *Arch. Tierz. V. 51*, p. 120-128, 2008
 32. PINHEIRO, O.L., BARROS, C.M., FIGUEIREDO, R.A. et al. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2 alpha or norgestomet and estradiol valerate. *Therio*, v. 49, p.667-681, 1998.
 33. POLSON, J. *Method and apparatus for animal heat detection and recording*. US Pat. 3844273. 29 out. 1974. Disponível em <http://www.google.com/patents/US3844273>.
 34. ROCHE, J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K. et al. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J Dairy Sci.*, v. 92, p. 5769-5801, 2009.
 35. ROELOFS, J. B., VAN EERDENBURG, F. J. C. M., SOEDE, N. M. e KEMP, B. Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Therio*, v.64, p.1690-1703, 2005.
 36. ROELOFS, J., LÓPEZ-GATIUS, F., HUNTER, R. H. F. C. et al. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Therio*, v.74, p. 327-344, 2010.
 37. ROELOFS, J. B. E VAN ERP-VAN DER KOOIJ, E. Estrus detection tools and their applicability in cattle: recent and perspectival situation. *Anim. Reprod.*, v.12, n.3, p.498-504, 2015.
 38. RUTTEN, C. J., VELTHUIS, A. G. J., STEENEVELD, W., HOGVEEN, H. Sensors to support health management on dairy farms. *J. Dairy Sci.*, v.96, p.1928-52, 2013.
 39. SARTORI, R.; BARROS, C. M. Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 124, p. 244-250, 2011.
 40. SENGER P. L. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *Journal J. Dairy Sci.*, v.77, p.2745-53, 1994.
 41. STEVENSON, J. S. Reproductive Management with Limited Hormonal Intervention. *Proceedings of West Canadian Dairy Seminar (WCDS) Advances in Dairy Technology* , v. 26, p. 259 - 272, 2014. Disponível em: <http://www.wcds.ca/proceedings.cgi>
 42. TALUKDER, S., KERRISK, K. L., INGENHOFF, L. et al. Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system . *Therio*, v. 81, p. 925-935, 2014.
 43. TRIMBERGER, G. W. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation, Res. Bull. *Nebraska Agricultural Exp.* 153 26 p, 1948.
 44. VARGAS, M. W. *Avaliação automatizada do comportamento ingestivo de vacas da raça Holandês com métrite puerperal*. 2015. 73 fl. Dissertação (mestrado em Reprodução, sanidade e bem estar animal): Universidade José do Rosário Vellano – Unifenas, Alfenas.
 45. XU Z. Z., MCKNIGHT D. J., VISHWANATH R. et al. Estrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.*, v. 81, p.2890-2896, 1998.
 46. WALSH, S. W., WILLIAMS, E. J., EVANS, A. C. O. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 123 p. 127-138, 2011.
 47. WILTBANK, M., LOPEZ, H., SARTORI, R., SANGSRITAVONG, S., GUMEN, A. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Therio*, v.65, p.17-29, 2006.
 48. YOSHIOKA H., ITO M., TANIMOTO Y. Effectiveness of real-time radiotelemetric pedometer for estrus detection and insemination in Japanese Black cows. *J. Reprod. Dev.*, v.56, p.351-355, 2010.