

Boletim 53

Técnico

ISSN 2318-3837

Descalvado, SP

Outubro, 2019

Produção Animal Universidade Brasil

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS NA DETECÇÃO DE ESTRO EM BOVINOS



Autores:

¹ Raphael Augusto de Lucena Oliveira

² Luís Arthur Malta Pereira

³ Cássia Maria Barroso Orlandi

¹ Discente do Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal (PMPPA) – UNIVERSIDADE BRASIL/Descalvado-SP.

²⁻³ Docente do Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal (PMPPA) – UNIVERSIDADE BRASIL/Descalvado-SP.

Boletim Técnico da Produção Animal
(Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal)
Ano 2012

Universidade Brasil
Campus Descalvado
Disponibilização *on line*

Autores / Organizadores

Prof. Dr. Vando Edésio Soares
Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian
Profa. Dra. Käthery Brennecke
Prof. Dr. Gabriel M.P. de Melo
Profa. Dra Liandra M.A. Bertipaglia

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

Oliveira, Raphael Augusto de Lucena

Tecnologias disponíveis na detecção de estro em bovinos /
Raphael Augusto de Lucena Oliveira, Luiz Arthur Malta Pereira,
Cássia Maria Barroso Orlandi. – Descalvado: Universidade Brasil,
2019.

24 f. : il. -- (Boletim Técnico da Produção Animal, Universidade
Brasil, 53).

Disponível em:

https://universidadebrasil.edu.br/portal/curso.php?id_curso=161

Inclui Bibliografia

ISSN 2318-3837

1. Detecção de cio. 2. Vacas. 3. Inseminação artificial. I. Pereira,
Luiz Arthur Malta. II. Orlandi, Cássia Maria Barroso. III. Título.

CDD 636.20824

É permitida a reprodução parcial ou total dessa obra, desde que citada a fonte.

RESUMO

A eficiência na pecuária leiteira e de corte é fundamental para que se tenha rentabilidade. Para tanto o manejo reprodutivo é importante para a obtenção de desempenho e produtividade. A eficiência na detecção de estro em programas de IA (inseminação artificial) ou mesmo na IATF (IA em tempo fixo) é necessária para alcançar resultados satisfatórios tanto nas vacas de corte quanto de leite. Nestas últimas, as manifestações de estro são mais discretas ou imperceptíveis em vacas de alta produção de leite sujeitas a condições de estresse térmico. Enquanto vacas de raças *Bos indicus* apresentam normalmente cios de menor duração e maior frequência no período noturno, dificultando sua identificação. Como consequência, a baixa eficiência na detecção de estro causa redução na taxa de concepção e aumento do período de serviço. A maioria das técnicas e dispositivos disponíveis para detecção de estro necessita do emprego de mão de obra para a obtenção de resultados positivos ou apresentam alto custo de implantação, além da ocorrência de falsos positivos ou mesmo falhas na detecção. Diante da importância da detecção de estro para a produção na pecuária e das dificuldades apresentadas, serão apresentadas as principais tecnologias disponíveis para detecção de estro em bovinos, com ênfase na descrição do funcionamento das mesmas e considerações sobre o investimento nos dispositivos eletrônicos.

Palavras-chave: detecção de cio, inseminação artificial, vacas

INTRODUÇÃO

Entre as técnicas desenvolvidas para detecção de estro em fêmeas bovinas a principal é a observação visual, entretanto para alcançar bons resultados é necessário que haja conhecimento do comportamento animal, visto que o cio é identificado por meio de alterações comportamentais (DISKIN & SCREENAM, 2000).

Além de conhecer e identificar os sinais de estro é necessário que haja uma determinada frequência de observação, para que se possa diagnosticar o maior número possível de fêmeas em cio. A observação contínua do rebanho reduz a possibilidade de não identificação de estro (ÁVILA PIRES et al., 2003), porém mesmo observadores experientes, observando o rebanho 3 vezes ao dia em períodos de 30 minutos não conseguem identificar mais de 80% das ocorrências de estro (HANSEN, 2003). Quando somente a observação de estro é utilizada cerca de 20 a 40% dos estros não são identificados e de 15 a 20% são falsos positivos (CAETANO et al., 2015).

A necessidade de demasiado emprego de mão de obra e o sucesso do uso da técnica são proporcionais ao tempo destinado à observação e experiência do observador, tornando a observação de cio uma técnica que se apresenta em diversos momentos ineficiente e de alto custo quanto à manutenção. Diante da necessidade de incremento das taxas de observação de estro e desempenho reprodutivo do rebanho, diversas técnicas foram desenvolvidas com o objetivo de aumentar a identificação de fêmeas em estro.

As tecnologias disponíveis atualmente para detecção de estro podem ser divididas em três grupos, de acordo com a forma de funcionamento. Existem dispositivos de funcionamento mecânico,

eletrônico e de resistência elétrica, os quais possuem a capacidade de identificação do estro de diversas maneiras. As tecnologias com respectivos mecanismos de ação serão elucidadas nos itens a seguir.

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA DETECÇÃO DE ESTRO EM BOVINOS

1. Dispositivos Mecânicos

Dispositivos de detecção de estro mecânicos foram desenvolvidos de maneira simplificada em relação aos demais dispositivos. Estes têm por objetivo identificar a fêmea em estro a partir de um método que utilize o evento mecânico da aceitação de monta e seu impacto ou fricção da garupa da fêmea em questão. Desta forma, torna-se possível visualizar na fêmea em estro algum sinal que indique a ocorrência da monta.

O uso de rufiões (touros submetidos a processos cirúrgicos que evitam a fertilização e/ou penetração) e fêmeas androgenizadas (tratadas com hormônios masculinos) auxiliam na detecção visual do estro (CAETANO et al., 2015; VASCONCELOS et al., 2015). Porém somente a utilização de rufiões e fêmeas androgenizadas ainda mantem a observação visual como a principal técnica de identificação, visto que a observação do momento em que a monta ocorreu é necessária para identificar o estro.

Desta forma, a associação do uso de rufiões e fêmeas androgenizadas aos buçais marcadores (*Chin-ball*), permite que seja possível identificar a fêmea em estro sem necessidade de que seja observada a monta.

Buçal marcador é um dispositivo que armazena tinta em seu interior, permitindo sua liberação quando pressionado no momento em que a monta ocorre (Figura 1. A. B). Desta maneira, a fêmea que recebeu a monta tem sua garupa manchada com a tinta, facilitando a identificação do estro (VASCONCELOS et al., 2015).

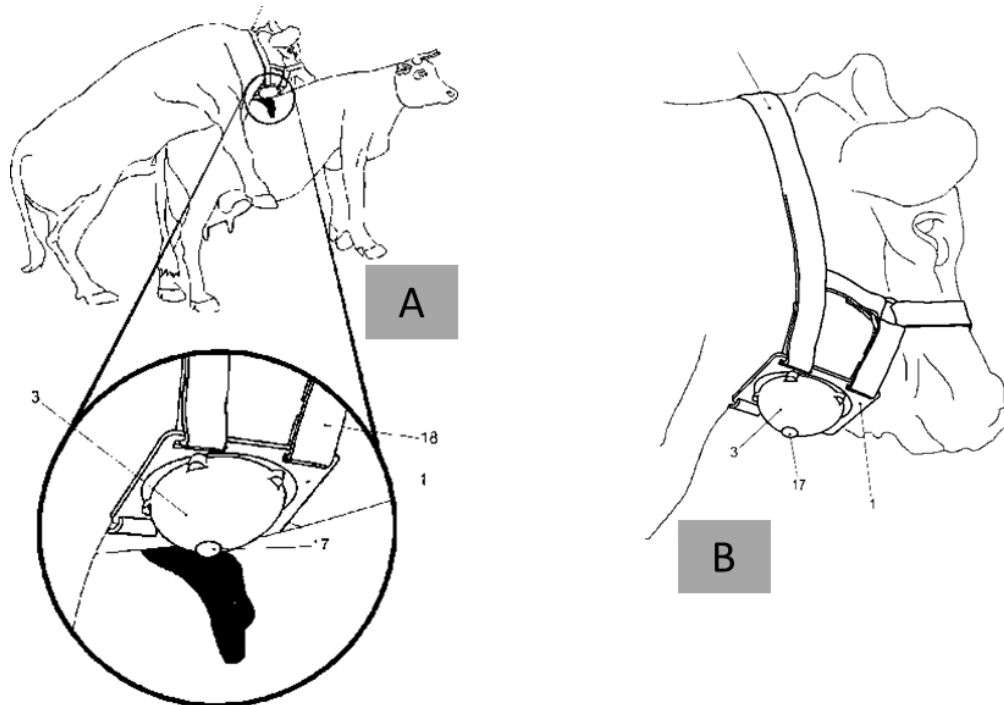


Figura 1. A. B: Buçal marcador - Chin-ball.

<https://www.escavador.com/patentes/381119/bucal-marcador>

2. Bastão com tinta

O uso de bastões de tinta no auxílio da identificação de fêmeas em estro é uma ferramenta muito utilizada nos rebanhos de corte e leite. A tinta é aplicada na região da inserção da cauda e quando ocorre pressão no processo de monta, o animal pode apresentar

marcas de borrão, remoção parcial ou total da tinta, como descrito na figura 2. Entretanto, a eficiência do método está diretamente relacionada à dedicação da mão de obra na observação e identificação dos animais marcados com o bastão.



Figura 2: Bastões de tinta no auxílio da identificação de fêmeas em estro.

Fonte: <https://www.ruralban.com/inseminacao-artificial-e-t-e/detector-de-cio/bastao-marcador-paintstik-embalagem-com-3-bastoes>



Figura 3: Representação dos escores de remoção de tinta em fêmeas da raça Nelore. Fonte: NOGUEIRA, et al 2016.

Além dos métodos descritos anteriormente existe a disposição dos produtores adesivos que são colados na inserção da cauda, com o mesmo objetivo dos bastões marcadores, identificar através de tinta ou presença de cores a ocorrência da monta.

O Kamar® é um dispositivo que possui uma cápsula contendo tinta, que é colada na região da inserção da cauda (Figura 4). Quando recebe a pressão da monta de outro animal ocorre o rompimento da cápsula, liberando a tinta na garupa e sinalizando a ocorrência da monta. Este dispositivo é utilizado em vacas leiteiras e segundo Diskin e Sreenan (2000) pode-se alcançar de 56 a 94% de eficiência de detecção de estro com este dispositivo e acurácia entre 36 e 80%.



Figura 4: A: Kamar® colado na região da inserção da cauda. B: Imagem comparativa do Kamar® (Kamar Products Inc., Zionsville, IN) repleto de tinta antes da monta e com a cápsula vazia após a monta.

Fonte: <http://www.albaitaritz.com/docs/KAMAR.pdf>

O Estrotect® também é um dispositivo adesivo colado à garupa das fêmeas, porém não há liberação de tinta (Figura 5). Este apresenta uma camada na cor prata que é removida quando recebe a fricção dos pelos no momento da monta, revelando outra cor, o que identifica a ocorrência da monta. A figura 5 mostra como interpretar a

remoção da camada prateada, determinando qual a região e tamanho da área do adesivo deve ser removido para que se possa afirmar que o animal recebeu a monta.



Figura 5. A (esquesda): Representação das variações na remoção da camada prateada do adesivo Estrotec® (Rockway Inc., Spring Valley, WI) em situações em que a monta não ocorreu. B (direita): Representação das variações na remoção da camada prateada do adesivo Estrotec® em situações em que houve a ocorrência da monta.

Fonte:

<http://www.selectsires.com/products/heatdetect/Estrotec.html?version=20180803>

Como descrito neste item, existem diversos dispositivos mecânicos que auxiliam na detecção do estro. Todos visam facilitar a identificação da vaca que recebeu a monta de forma visual, por meio de tinta ou alteração de cores nos adesivos. Para que haja um incremento na taxa de detecção de estro é necessário que a observação do cio seja realizada várias vezes ao dia para identificar alterações nos animais e assim aumentar o número de inseminações. No caso dos métodos acima faz se necessário observação frequente dos sinais que indicam a realização na monta, seja na mudança de cor dos adesivos ou dos marcadores de tinta para que se aumente o número de inseminações.

3. Dispositivos de Resistência Elétrica

Dispositivos que tem a capacidade de medir a resistência elétrica do fluido vaginal podem ser ferramentas auxiliares na identificação do estro (Figura 6). O fluido vaginal apresenta alterações na condutibilidade elétrica durante o estro, desta forma sua mensuração pode auxiliar na identificação (FIRK et al., 2002). Este dispositivo pode ser utilizado como auxiliar no processo de identificação do estro, quando há por parte do tratador alguma incerteza em relação à manifestação.

O fluido vaginal apresenta uma redução da resistência elétrica próxima à ovulação (pico de LH) e posterior aumento gradativo (RORIE et al., 2002). Contudo, existem ressalvas em relação aos resultados obtidos por estes dispositivos, visto que resultados semelhantes podem ser obtidos em fêmeas com infecções vaginais e uterinas e doenças ovarianas, sinalizando a necessidade do emprego de outras técnicas associadas para que haja eficiência na detecção de estro. Além de demandar demasiado tempo e mão de obra para seu emprego (BREHME et al., 2001 e CAETANO et al., 2015).



Figura 6 - Dispositivo detector de estro - Draminki®
Fonte: <https://www.dairy.com.br/produto/detector-de-estro-draminski/>

4. Dispositivos Eletrônicos

Dados os desafios associados à detecção de estro e o impacto no desempenho reprodutivo do rebanho, diversos dispositivos eletrônicos foram desenvolvidos nos últimos anos com o objetivo de identificar o estro sem a necessidade de observação da monta (SHAHRIAR et al., 2016), de maneira automática, apresentando potencial de incremento na eficiência reprodutiva dos rebanhos (RUTTEN et al, 2014, OLYNK e WOLF, 2008, SENGER, 1994 e MBEHOMA e MUTASA, 2013).

Tais dispositivos são capazes de monitorar de maneira contínua o animal, além da observação visual do estro (MAYO et al, 2019, STEENEVELD e HOGEVEEN, 2015 e HOLMAN et al, 2011). A maior parte destas tecnologias funciona através de algoritmos específicos de softwares (conjunto de regras a seguir) comparando o comportamento atual de uma vaca com a atividade média do rebanho ou da mesma, criando assim um alerta quando determinado limite de atividade é excedido (ROELOFS et al, 2010 - C, SAINT-DIZIER e CHASTANT-MAILLARD, 2012, SENGER, 1994 e PFEIFFER et al., 2020).

Entre eles estão os medidores de atividade, saúde e ciclo estral, que são fixados nos membros ou pescoço das fêmeas (pedômetros, colares e acelerômetros) e o detector eletrônico de monta sensível à pressão, Heat Watch (Radiotelemetria).

Os pedômetros (Figura 7 - SAE Afikim, Kibutz, Israel) são equipamentos fixados a um dos membros do animal, sendo o mesmo dianteiro ou traseiro, com o objetivo de mensurar a atividade do animal ao longo do dia. Seu princípio de funcionamento está na

captação da oscilação dos passos gerados e conversão em número de passos (JONSSON et al., 2011).

É possível identificar fêmeas em estro através do registro de sua movimentação, pois animais em estro apresentam de duas a quatro vezes mais atividade diária em relação a fêmeas que se apresentam em outras fases do ciclo estral (CAETANO et al., 2015, GAILLARD, et al., 2016 e MAZRIER, et al., 2006). Kiddy (1977) verificou que vacas em estro nos sistemas *free stall* e *comfort stall*, com pedômetros fixados nos membros posteriores apresentaram respectivamente 4 e 2,75 vezes mais atividade diária em relação as vacas que não apresentaram estro e demonstrou que as vacas em estro apresentam atividade física 218% maior em relação a fêmeas que estão em outras fases do ciclo estral.

O recebimento dos dados acontece por meio de uma antena fixada na sala de ordenha. O software atualiza as informações de atividade dos animais a cada ordenha (momento em que há o recebimento das informações) e indica quais animais apresentaram alteração em sua atividade (LOPES, 1997).

Além do sistema descrito em que há a atualização dos dados a cada ordenha, existe o sistema de pedômetro radiotelemétrico. Este sistema tem a capacidade de monitorar as montas e a atividade dos animais em tempo real (YOSHIOKA & TANIMOTO, 2010).

Os colares (ALPRO®; DeLaval International AB, Tumba, Suécia; Heatime®; SRC, Netanya, Israel; MooMonitor®; Dairy Master, Irlanda) são fixados no pescoço das fêmeas, identificam o aumento de atividade física (caminhar, montar, levantar e deitar) através da expressão de um cluster de atividade (CA) que alerta o produtor no momento em que este se inicia (CROWE et al., 2018).

O pedômetro do tipo ALT da sigla em inglês, activity, lying time and temperature possui três parâmetros de avaliação: atividade, tempo de repouso e temperatura corporal. Os passos são identificados através do impulso elétrico e o dispositivo é capaz de demonstrar atividades relativas à saúde do animal e do ciclo estral. Em comparação com o medidor de atividade situado no pescoço (ALPRO®), ilustrado na figura 7, e a detecção visual do estro em 11 vacas leiteiras no período de sete meses, o pedômetro ALT registrou 40, enquanto o ALPRO registrou 23 e a detecção visual 17 ciclos estrais (BREHME et al., 2008).

O efeito da alta temperatura ambiental pôde ser avaliado através do uso de pedômetros radiotelemétricos por Sakatani et al., (2012). No verão a atividade das fêmeas avaliadas diminuiu consideravelmente (175 +-10, $P < 0,001$) em comparação ao inverno (410+-30, $P < 0,001$). YOSHIOKA & TANIMOTO, (2010) constataram uma significativa diferença na taxa de concepção quando se comparou o uso de pedômetro radiotelemétrico (90,0%) ao uso de observação visual por 30 minutos 3 vezes ao dia (58,4%).

Sakaguchi et al. (2007) avaliou a atividade física de 15 novilhas HPB em regime à pasto e confinamento com pedômetros fixados tanto no pescoço como aos membros (posteriores ou anteriores). O autor relatou que independentemente do local de fixação, o dispositivo mostrou-se bastante eficaz, pois fica aderido ao animal sem haver um desprendimento. O dispositivo apresenta maior precisão quando fixado nos membros do animal, permitindo o estro ser detectado com segurança. O pedômetro situado no pescoço só pode ser capaz de detectar o estro em manejo de confinamento.



Figura 7: Pedômetro fixado na região distal do membro anterior de fêmea bovina. Fonte: <http://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/monitores-de-atividade-como-ferramenta-para-deteccao-de-cio>



Figura 8: Medidor de atividade ALPRO® fixado no pescoço de fêmea bovina da raça Holandêsa. ALPRO® [DeLaval International AB, Tumba, Suécia](http://www.delaval.com)

Fonte: <https://www.delaval.com/globalassets/inriver-resources/document/brochure/delaval-activity-meter-system.pdf>

Os acelerômetros são dispositivos que possuem a capacidade de medir a aceleração em três dimensões. “O princípio de operação

comum dos acelerômetros é baseado em um elemento de detecção mecânico que consiste em uma massa de prova (ou massa sísmica) fixada a um sistema de suspensão mecânica com relação a um referencial. A força inercial devido a aceleração ou gravidade fará com que a massa de prova desvie de acordo com a Segunda Lei de Newton.

A aceleração pode ser medida eletricamente com as mudanças físicas no deslocamento da massa de prova em relação ao referencial (YANG e HSU, 2010). O dispositivo tem a capacidade de medir o gasto de energia do animal (HALSEY et al., 2008 e MIWA et al., 2015), velocidade de deslocamento (BIDDER, et al., 2012), atividade e comportamento alimentar (ROBERT, et al., 2009 e WATANABE, et al., 2008). Os dispositivos são fixados nas pernas, pescoço ou orelha das fêmeas monitoradas (SAINT-DIZIER e CHASTANT-MAILLARD, 2012, FRICKE et al., 2014 e MADUREIRA et al., 2015). Os dados coletados pelo acelerômetro são lidos por um transceptor e transferidos automaticamente para o software. Assim como nos pedômetros, os dados são analisados por algoritmos, que determinam com base na atividade diária dos animais, as condições associadas ao comportamento de estro (MADUREIRA, et al., 2015, REITH et al., 2014 e BAR, D., 2010).

O HeatWatch® (Figura 9) é um dispositivo eletrônico para detecção de monta que é colado na região da inserção da cauda do animal (Figura 10), ativado quando ocorre a pressão realizada através da monta do rufião ou outras fêmeas na fêmea que apresenta o estro. Quando o dispositivo é acionado, emite um sinal de frequência de rádio, radiotelemetria, para um receptor (antena), que o envia para um computador, que registra o momento em que ocorreu a monta num banco de dados através de um software (LOPES, 1997), como

ilustrado na Figura 11. Este sistema se mostra bastante eficiente, pois ele funciona 24 horas por dia, evitando perdas por não detecção do estro no período noturno (PORTO-FILHO et al., 2005).

Para o devido funcionamento é necessário que o computador esteja no máximo a 400 metros dos animais, o que dificulta sua implantação em condições onde os animais se apresentam em locais mais distantes, além de ter um custo elevado. A radiotelemetria é amplamente utilizada na pesquisa, como ferramenta para coleta de dados em estudos relacionados à manifestação do estro em bovinos, porém não há utilização frequente em rebanhos com objetivo comercial.



Figura 9: Componentes utilizados no sistema de radiotelemetria (HeatWatch®): Bolso adesivo, dispositivo detector de monta, transmissor de radiofrequência, receptor, software, patches e repetidor.

Fonte: <https://jmsales.com/system.htm>



Figura 10 - Dispositivo colado na região da inserção da cauda
Fonte: <https://www.slideshare.net/vascoabs/ai-manual-chapter-03-heat-detection>

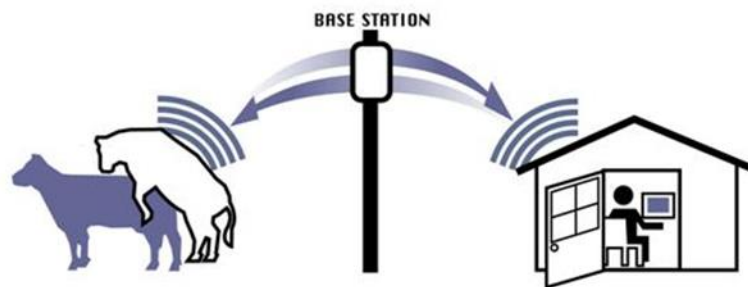


Figura 11 - Esquema de recepção do sinal de radiofrequência do dispositivo e emissão ao computador. CowChips, Manalapan, New Jersey, EUA
Fonte: <https://www.cowchips.net/>

CONCLUSÃO

A maioria dos estudos indica um período de retorno do investimento em ferramentas eletrônicas para detecção de estro no rebanho ao redor de 3,5 a 8 anos (ADENUGA et al., 2020). Giordano (2015) afirma que dado o custo de \$120 do dispositivo, este deve permanecer funcionando por pelo menos cinco anos para atingir o ponto de equilíbrio e poder gerar até \$13 por vaca por ano em lucros

extras, sendo a expectativa de durabilidade do equipamento de 7 anos.

Em uma simulação econômica realizada em rebanhos simentais, obteve-se retorno líquido positivo em todos os cenários na faixa de + € 7 a + € 40 por vaca por ano para vacas da raça Simental e + € 19 a + € 46 por vaca por ano para a raça Holandesa (PFEIFFER et al., 2020). No entanto, alguns estudos reconhecem que para atingir o desempenho reprodutivo máximo essas tecnologias devem ser combinadas com programas de IATF (GIORDANO, J. O., 2015).

Adenuga et al., (2020) relata que o investimento em dispositivos eletrônicos para detecção de estro é economicamente viável para a maioria das fazendas leiteiras, no entanto o nível de conscientização da importância da adoção das tecnologias ainda é relativamente baixo. Além da detecção de estro os dispositivos monitoram condições de saúde e conforto, trazendo benefícios adicionais à atividade e conseqüentemente maior rentabilidade.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENUGA, ADEWALE HENRY et al. Economic viability of adoption of automated oestrus detection technologies on dairy farms: A review. *Animals*, v. 10, n. 7, p. 1241, 2020.

ÁVILA PIRES, M.F. et al. Comportamento de vacas da raça Gir (*Bos taurus indicus*) em estro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 55, 187-196, 2003.

BAR, D. Optimal timing of insemination using activity collars. In Proceedings of the 1st North Am. Conf. Precision Dairy Management, Toronto, ON, Canada, 2–5 March 2010; Progressive Dairy Operators: Elora, ON, Canada, 2010; p. 100.

BIDDER, O.R.; SORESINA, M.; SHEPARD, E.L.C.; HALSEY, L.G.; QUINTANA, F.; GÓMEZ-LAICH, A.; WILSON, R.P. The need for speed: Testing acceleration for estimating animal travel rates in terrestrial dead-reckoning systems. *Zoology* 2012, 115, 58–64.

BREHME, U.; AHLERS, D.; LAUFELD, P.; SCHEIBL, P.; SCHERPING, E.; WERNER, D. Brunsterkennung und Gesundheitsüberwachung mittels sensorgestützter Funkdatenlogger. In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 5. Internationalen Tagung in Hohenheim, 6-7. März, 2001. Hrsg.: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Germany; 2001. p. 44-49.

BREHME, U.; BREHME, A. U.; STOLLBERGA, U.; HOLZB, R.; SCHLEUSENER, T. Alt pedometer—new sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Computers and electronics in agriculture*, v.62, n.1, p.73–80, 2008.

CROWE, Mark A.; HOSTENS, Miel; OPSOMER, Geert. Reproductive management in dairy cows-the future. *Irish veterinary journal*, v. 71, n. 1, p. 1-13, 2018.

Diskin MG, Sreenan JM. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod Nutr Dev*. 2000;40:481–91.

FIRK, R.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KRIETER, J. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, v.75, n.3 , p.219–232, 2002.

FRICKE, P.M.; GIORDANO, J.O.; VALENZA, A.; LOPES, G.; AMUNDSON, M.C.; CARVALHO, P.D. Reproductive performance of lactating dairy cows managed for first service using timed artificial insemination with or without detection of estrus using an activity-monitoring system. *J. Dairy Sci.* 2014, 97, 2771–2781.

GAILLARD, C.; BARBU, H.; SØRENSEN, M.T.; SEHESTED, J.; CALLESEN, H.; VESTERGAARD, M. Milk yield and estrous behavior during eight consecutive estruses in Holstein cows fed standardized or high energy diets and grouped according to live weight changes in early lactation. *J. Dairy Sci.* 2016, 99, 3134–3143.

GIORDANO, J.O. Use of technologies in reproductive management: Economics of automated activity monitoring systems for detection of oestrus. In *Proceedings of the Western Dairy Management Conference, Reno, NV, USA, 3–5 March 2015*; pp. 51–66.

HALSEY, L.G.; SHEPARD, E.L.C.; HULSTON, C.J.; VENABLES, M.C.; WHITE, C.R.; JEUKENDRUP, A.E.; WILSON, R.P. Acceleration versus heart rate for estimating energy expenditure and speed during locomotion in animals: Tests with an easy model species, *Homo sapiens*. *Zoology* 2008, 111, 231–241.

HANSEN, P.J. Embryonic mortality in cattle from the embryo's perspective. *Journal Animal Science*. 80: 33-44, 2003.

HOLMAN A, THOMPSON J, ROUTLY JE, CAMERON J, GROVE-WHITE D, SMITH RF, DOBSON H. Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle. *Vet Rec.* 2011;169:47–53.

JÓNSSON, R.M.; BLANKE, M.; POULSEN, N.K.; CAPONETTI, F.; HØJSGAARD, S. Oestrus detection in dairy cows from activity and

lying data using on-line individual models. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.76, n.1, p.6–13, 2011.

KIDDY, C.A. Variation in physical activity as an indication of oestrus in dairy cows. *Journal Dairy Science*, v.60, n. 2, p. 235– 243, 1977.

LOPES M. A. *Informática aplicada à bovinocultura*. 1 ed., Jaboticabal: FUNEP, 1977, 82p.

MADUREIRA, A.M.L.; SILPER, B.F.; BURNETT, T.A.; POLSKY, L.; CRUPPE, L.H.; VEIRA, D.M.; VASCONCELOS, J.L.M.; CERRI, R.L.A. Factors affecting expression of estrus measured by activity monitors and conception risk of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2015, 98, 7003–7014.

MAYO, L.M.; SILVIA, W.J.; RAY, D.L.; JONES, B.W.; STONE, A.E.; TSAI, I.C.; CLARK, J.D.; BEWLEY, J.M.; HEERSCHKE, G. Automated estrous detection using multiple commercial precision dairy monitoring technologies in synchronized dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2019, 102, 2645–2656.

MAZRIER, H.; TAL, S.; AIZINBUD, E.; BARGAI, U. A field investigation of the use of the pedometer for the Early detection of lameness in cattle. *Can. Vet. J.* 2006, 47, 883–886.

MBEHOMA, P.M.; MUTASA, F. Determinants of Technical Efficiency of Smallholders Dairy Farmers in Njombe District, Tanzania. *Afr. J. Econ. Rev.* 2013, 1, 15–29

MIWA, M.; OISHI, K.; NAKAGAWA, Y.; MAENO, H.; ANZAI, H.; KUMAGAI, H.; OKANO, K.; TOBIOKA, H.; HIROOKA, H. Application of overall dynamic body acceleration as a proxy for estimating the energy expenditure of grazing farm animals: Relationship with heart rate. *PLoS ONE* 2015, 10, e0128042.

NOGUEIRA, E.; SILVA, J. C. B.; SILVA, M. R.; SILVA, A. S.; RODRIGUES, W. B.; BEZERRA, A. O. JARA, J.; SILVA, K. C.; ANACHE, N. A. IATF + CIO: estratégia prática de avaliação de cio e aumento de prenhez. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2016. 8 p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 113).

OLIVEIRA CAETANO, Graciele Araújo; JÚNIOR, Messias Batista Caetano. Métodos de detecção de estro e falhas relacionadas. Pubvet, v. 9, p. 348-399, 2015.

OLYNK, N.J.; WOLF, C.A. Economic Analysis of Reproductive Management Strategies on US Commercial Dairy Farms. J. Dairy Sci. 2008, 91, 4082–4091

PFEIFFER, J.; GANDORFER, M.; ETTEMA, J.F. Evaluation of activity meters for estrus detection: A stochastic bioeconomic modeling approach. J. Dairy Sci. 2020, 103, 492–506

PORTO-FILHO, R.M.; BARUSELLI, P.S.; MADUREIRA, E.H. Uso da radiotelemetria para detecção do estro em fêmeas búfalas: luteólise durante duas fases do ciclo estral, ultra-sonografia da ovulação e perfis hormonais. Boletim de Medicina Veterinária, v. 1, n.1, p.13-32, 2005.

REITH, S.; HOY, S. Behavioral signs of estrus and the potential of fully automated systems for detection of estrus in dairy cattle. Animal 2017, 12, 398–407.

ROBERT, B.; WHITE, B.J.; RENTER, D.G.; LARSON, R.L. Evaluation of three-dimensional accelerometers to monitor and classify behavior patterns in cattle. Comput. Electron. Agric. 2009, 67, 80–84.

ROELOFS, J.; LÓPEZ-GATIUS, F.; HUNTER, R.H.F.; VAN EERDENBURG, F.J.C.M.; HANZEN, C. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* 2010, 74, 327–344. (C)

RORIE, R.W.; BILBY, T.R.; LESTER, T.D. Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Theriogenology*, v.57, n.1, p.137-148, 2002.

RUTTEN, C. J. et al. An ex ante analysis on the use of activity meters for automated estrus detection: To invest or not to invest?. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 11, p. 6869-6887, 2014.

SAINT-DIZIER, M.; CHASTANT-MAILLARD, S. Towards an Automated Detection of Oestrus in Dairy Cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 2012, 47, 1056–1061.

SAKAGUCHI, M.; FUJIKI, R.; YABUUCHI, K.; TAKAHASHI, Y.; AOKI, M. Reliability of estrous detection in Holstein heifers using a radiotelemetric pedometer located on the neck or legs under different rearing conditions. *Journal of reproduction and development*, v.53, n.4, p.819-828, 2007

SENGER, P.L. The Estrus Detection Problem: New Concepts, Technologies, and Possibilities. *J. Dairy Sci.* 1994, 77, 2745–2753.

SHAHRIAR, M.S.; SMITH, D.; RAHMAN, A.; FREEMAN, M.; HILLS, J.; RAWNSLEY, R.; HENRY, D.; BISHOP-HURLEY, G. Detecting heat events in dairy cows using accelerometers and unsupervised learning. *Comput. Electron. Agric.* 2016, 128, 20–26.

STEENEVELD, W.; HOGEVEEN, H. Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. *J. Dairy Sci.* 2015, 98, 709–717.

VASCONCELOS, GISVANI LOPES; LOPES, MARCOS AURÉLIO; REIS, EDUARDO MITKE BRANDÃO. Detecção eletrônica do estro em vacas leiteiras: uma revisão. 2015.

WATANABE, N.; SAKANOUÉ, S.; KAWAMURA, K.; KOZAKAI, T. Development of an automatic classification system for eating, ruminating and resting behavior of cattle using an accelerometer. *Grassl. Sci.* 2008, 54, 231–237.

YANG, C.-C.; HSU, Y.-L. A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring. *Sensors* 2010, 10, 7772–7788.

YOSHIOKA, H.; TANIMOTO, Y. Effectiveness of a Real-time Radiotelemetric Pedometer for estrus detection and Insemination in Japanese Black Cows. *Journal of Reproduction and Development*, v. 56, n.3, p. 351-355, 2010.