

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ORDENHA ROBOTIZADA DE VACAS LEITEIRAS: UMA REVISÃO¹

RENATA MACULAN², MARCOS AURÉLIO LOPES^{3*}

¹Recebido para publicação: 02/12/2015. Aceito para publicação em 14/03/2016.

²Universidade Federal de Lavras, Departamento de Zootecnia, Lavras, MG, Brasil.

³Universidade Federal de Lavras, Departamento de Medicina Veterinária, Lavras, MG, Brasil.

*Autor correspondente: malopes@dmv.ufla.br

RESUMO: Uma tecnologia inovadora e que tenta ganhar espaço no mercado atual são os robôs ordenhadores. Apesar dos altos custos, a ordenha robotizada pode gerar benefícios para o pecuarista e para os animais submetidos a esse sistema. Objetivou-se apresentar uma revisão da literatura sobre a utilização da robótica na ordenha de vacas leiteiras, abordando aspectos como implantação do sistema e funcionamento, efeito sobre a frequência de ordenhas, produção e composição do leite, contagem de células somáticas, mastite, reprodução e bem estar animal. Constatou-se que a programação do robô depende da quantidade de animais a serem ordenhados diariamente e da frequência de ordenha adotada em cada lote. A implantação do sistema depende, primeiramente, do local onde serão construídas as instalações e das possíveis estruturas já existentes na propriedade. A frequência de ordenha é maior em vacas de maior produção leiteira e no início da lactação, sendo esta influenciada pela palatabilidade do concentrado oferecido no momento da ordenha. Frequências maiores que três vezes ao dia diminuem a produção de gordura total no leite e aumentam a concentração de ácidos graxos livres. A incidência de mastite e a contagem de células somáticas tendem a aumentar nos três primeiros meses após a implantação do sistema; a partir do segundo ano, a saúde do úbere tende a melhorar normalizando a incidência de mastite e contagem de células somáticas. A reprodução das vacas não é afetada se a ingestão de matéria seca compensar os maiores gastos energéticos para produções leiteiras mais elevadas. A ordenha robotizada proporciona maior bem estar para as vacas, pois elas se encaminham ao robô de forma voluntária, no momento em que sentirem desconforto.

Palavras-chave: automação, bovinocultura leiteira, robô, zootecnia de precisão.

ROBOTIC MILKING OF DAIRY COWS: A REVIEW

ABSTRACT: An innovative technology that currently tries to gain market share are milking robots. Despite the high costs, robotic milking may produce benefits for the farmer and for animals submitted to this system. The objective of this study was to perform a literature review on the use of robotic milking of dairy cows, addressing aspects such as implementation and functioning of the system and effect on milking frequency, milk production and composition, somatic cell count, mastitis, reproduction, and animal welfare. The results showed that the programming of the robot depends on the number of animals to be milked daily and on the milking frequency adopted in each batch. The implementation of the system mainly depends on the site where the facilities will be built and already existing structures on the farm. The milking frequency is higher for high-producing cows and at the beginning of lactation and is influenced by the palatability of the concentrate offered at the time of milking. Frequencies higher than three times per day reduce total milk fat production and increase the concentration of free fatty

acids. The incidence of mastitis and somatic cell count tend to increase in the first three months after implementation of the system. After the second year, udder health tends to improve, normalizing mastitis incidence and somatic cell count. Reproduction of the cows is not affected if dry matter intake compensates the higher energy expenditure required for higher milk productions. Robotic milking improves cow welfare since the animals voluntarily turn to the robot when they feel discomfort.

Keywords: automation, dairy cattle farming, robot, precision livestock farming.

INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira é economicamente muito importante no cenário mundial. O leite é um dos principais alimentos consumidos em todo o mundo e, por essa razão, emprega milhões de pessoas direta ou indiretamente. Com o aumento populacional e, conseqüentemente, o aumento no consumo, a produção de leite teve que se tornar mais eficiente e, para tanto, o uso de tecnologias é indispensável para a manutenção da pecuária leiteira eficiente. A tendência do cenário mundial da produção leiteira é diminuição do número de propriedades, com um aumento exacerbado da quantidade de animais. Esse novo perfil demanda alta qualidade e quantidade de mão-de-obra humana, que está escassa e com custos elevados devido, dentre outros fatores, ao êxodo rural. Portanto, o uso de equipamentos que minimizem ao máximo a mão-de-obra humana tem sido preconizado (HANSEN, 2015). Segundo LOPES (1997), as tecnologias facilitam a vida dos produtores e aumentam a produtividade na atividade leiteira. Entretanto, nota-se que os produtores não utilizam a maioria das tecnologias disponíveis no mercado.

Uma das tecnologias inovadoras e que tenta ganhar espaço no mercado atual são os robôs ordenhadores. A ordenha robotizada consiste em um braço mecânico que realiza todos os processos da ordenha, sem a intervenção direta do homem. Tal tecnologia foi implantada em 1992 na Holanda (KONING, 2010) e, devido aos altos custos de implantação, os robôs são encontrados mais comumente em países desenvolvidos, principalmente na Europa que deve possuir, atualmente, mais de 10.000 rebanhos utilizando esse sistema (HOLLOWAY *et al.*, 2014).

Apesar dos altos custos, a ordenha robotizada pode gerar benefícios para o pecuarista e para os animais submetidos a esse sistema. Sendo assim, objetivou-se apresentar uma revisão da literatura sobre a utilização da robótica na ordenha, abordando aspectos como funcionamento e implantação do

sistema, efeito sobre a frequência de ordenha, produção e composição do leite, contagem de células somáticas, mastite, reprodução e bem estar animal, visando auxiliar técnicos e pecuaristas na tomada de decisões.

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA

Robô é um dispositivo automático adaptável a um meio complexo, que substitui ou prolonga uma ou várias funções do homem e é capaz de agir sobre seu meio (MARTINS, 1993). No caso da ordenha, o robô consiste em um braço mecânico que realiza todas as tarefas do processo da ordenha de forma autônoma. Inclui-se processos automáticos de entrada e saída dos animais, disponibilização de concentrado durante a ordenha, limpeza do úbere e tetos, colocação e retirada das teteiras, registro de produção, diagnóstico de mastite e desinfecção dos tetos pós ordenha (CATTANEO *et al.*, 1996; KONING, 2010).

A construção da estrutura ideal para alocação da ordenha robotizada é “local dependente”, ou seja, não existe um modelo preciso para a estruturação do estábulo, pois esse depende do local a ser implantado e das instalações já existentes (HALACHMI *et al.*, 2003). Basicamente, uma instalação de ordenha robotizada deve conter as baias para descanso dos animais, local de alimentação, porteira automatizada que permite a passagem dos animais para a área da ordenha, área do robô, área da ordenha onde se disponibiliza o concentrado e a porteira de liberação dos animais. Existem também sistemas de ordenha robotizada a pasto, sendo necessária apenas a estrutura da ordenha. Os animais passam por uma fase de adaptação e aprendizagem (JAGO e KERRISK, 2011).

JAGO e KERRISK (2011), analisando 29 vacas e novilhas Holandesas, Jersey e mestiças, na Nova Zelândia, observaram que, em quatro semanas de adaptação em um sistema de ordenha robotizada à pasto, 91% das novilhas e 81% das vacas já

estavam condicionadas ao robô. Esse estudo mostrou que novilhas se adaptam mais facilmente ao sistema de ordenha robotizada, sendo indicado o condicionamento desses animais antes mesmo da ocorrência do primeiro parto.

FUNCIONAMENTO DA ORDENHA ROBOTIZADA

O equipamento de ordenha robotizada é composto por um braço mecânico que desempenha diversas funções. Após a identificação eletrônica do animal, o sistema verifica quando esse animal foi ordenhado e irá abrir a porteira automaticamente. Caso esse animal já tenha sido ordenhado, a porteira se abre e há um estímulo elétrico para direcionar sua saída. Se a vaca for ser ordenhada, há a liberação de concentrado e o processo de ordenha se inicia. Primeiramente, acontecerá a detecção do úbere e tetos pelo braço mecânico. Existem dois tipos de detecção, sistema a *laser* (KAWASAKI *et al.*, 2008) ou câmeras (AKHLOUFI, 2014). Posteriormente, acontecerá a limpeza dos tetos através de jatos de água e ar ou limpeza mecânica com rolos e o encaixe das teteiras. Quando o fluxo de leite de todos os quartos mamários cai potencialmente, há o desencaixe das teteiras e o acionamento do *spray* com produto desinfetante (OHNSTAD *et al.*, 2012).

A detecção dos tetos é de suma importância para a saúde das vacas e funcionamento adequado da ordenha. Animais que possuem tetos cruzados, em sistema de *laser* não conseguem ser ordenhados, pois o sistema não consegue detectar os tetos. Alguns equipamentos por sistemas de câmeras possuem visão 3D, que permite a detecção precisa dos tetos, possibilitando a ordenha de animais com tetos irregulares (AKHLOUFI, 2014). Alguns sistemas possuem ainda coletores de dejetos que permitem maior higienização do local de ordenha, evitando contaminações ambientais (GLASS *et al.*, 2004).

Em sistema de ordenha robotizada, as vacas devem se apresentar ao robô de forma voluntária. Para isso, o principal estímulo para ela é a alimentação concentrada de boa palatabilidade que deve ser fornecida no momento da ordenha (PRESCOTT *et al.*, 1998). Esse é o sistema mais comumente usado em sistemas robotizados; porém, existem outros sistemas de ordenha com uso de robô. Em um deles, o animal deve passar pelo robô para receber a alimentação volumosa e, em outro sistema, a saída do local de alimentação dá acesso ao robô (MUNKSGAARD *et al.*, 2011). Em um estudo realizado por SCOTT *et al.* (2015), o

oferecimento de concentrado após a ordenha evitou o congestionamento pela diminuição do tempo de espera voluntária, em vacas holandesas submetidas ao sistema de ordenha automatizada à base de pastagem.

O bom funcionamento do robô depende da boa gestão do proprietário. Elevada quantidade de animais a serem ordenhados pode causar filas de espera e aumentar competição na entrada da ordenha. O robô deve ser projetado para permitir um tempo ocioso adequado para a limpeza do sistema de um animal para outro visando evitar a contaminação de animal para animal. Salas de espera que possuem saídas podem ser construídas para evitar competição na entrada da ordenha (HERMANS *et al.*, 2003).

FREQUÊNCIA DE ORDENHA E PRODUÇÃO DE LEITE

Geralmente, vacas leiteiras são ordenhadas duas vezes ao dia e sabe-se que a produção de leite é estimulada pela ordenha (LOVENDAHL e CHAGUNDA, 2010). O aumento de frequência de duas para três vezes ao dia acarreta aumento aproximado de 15% na produção de leite (KLEI *et al.*, 1997). LOPES *et al.* (2012) obtiveram incremento de 16,75% na produção leiteira quando se aumentou a frequência de ordenha de duas para três vezes em sistema de ordenha manual. Nos sistemas robotizados, o animal se encaminhará ao robô toda vez que sentir incômodo ou dor no úbere. Dessa forma, a frequência da ordenha aumenta e essa é variável entre os diferentes animais e também no mesmo indivíduo (LOVENDAHL e CHAGUNDA, 2010). Segundo SITKOWSKA *et al.* (2015), a frequência de ordenha ideal é de 2,6 a 2,8 ordenhas por dia com velocidade de 2,6 kg/min.

A fase da lactação também influencia a frequência de ordenha, sendo que no início da lactação (HALE *et al.*, 2003) e em vacas de maior produção (HOGVEEN *et al.*, 2001) há maior frequência de visitas ao robô devido à maior secreção de leite, que leva à necessidade de maior ejeção para evitar o acúmulo exagerado no úbere, dores e desconforto dos animais. O aumento na frequência de ordenha diminui o efeito inibidor autócrino das células secretoras presentes nos alvéolos e, desta forma, estimula maior secreção quando as cisternas do úbere são esvaziadas pela ordenha. Por esse motivo é importante estimular o aumento na quantidade de visitas ao robô.

Em estudo realizado por MADSEN *et al.* (2010), foi avaliada a frequência de ordenha em função do tipo de concentrado fornecido na ordenha robotizada de livre acesso, na Dinamarca, com 30 vacas (Holandês e Jersey), no período de um mês. Os pesquisadores observaram que concentrados mais palatáveis aumentam a frequência de 2,09 para 2,96 visitas ao robô, por dia, contribuindo para o aumento da produção leiteira em 1,2 kg por dia. Constataram ainda que concentrados mais preferidos pelas vacas foram aqueles que continham milho, cevada e aveia.

Em pesquisa realizada com o objetivo de avaliar a frequência de visitas ao robô em sistema de ordenha livre ou forçada, onde a vaca deve obrigatoriamente passar pela ordenha para receber a alimentação, MUNKSGAARD *et al.* (2011) avaliaram dois rebanhos com 35 vacas de raça Holandês em lactação durante 42 dias e não observaram diferenças entre os dois sistemas.

HOGVEEN *et al.* (2001) avaliaram o intervalo de ordenha, produção e fluxo de leite em sistemas robotizados de livre acesso, ou seja, quando o animal se encaminha para a ordenha de forma voluntária, em 66 vacas em lactação na Holanda. Os autores constataram que o intervalo médio de ordenha foi de 9,2 horas, a vazão média de leite foi de 2,5 kg/min e a produção média de leite foi de 1,3 kg/hora. Os autores também observaram que há variação muito grande nos intervalos de ordenha, sendo que 9,7% das vacas apresentaram intervalo menor que seis horas e 17,6% das vacas apresentaram intervalo maior que 12 horas. Segundo Delamaire e Guinard-Flament (2006), a partir de 16 horas sem ordenhar uma vaca, inicia-se uma diminuição do fluxo sanguíneo (6,12 para 5,79 L/min) para a glândula mamária, afetando a captação de nutrientes e a produção de leite (17,3 para 14,7 kg/dia). Já intervalos entre oito e 12 horas não apresentaram diferenças na produção de leite (18,4 para 18,2 kg/dia).

KRUIP *et al.* (2002) não observaram diferenças na contagem de células somáticas (CCS) quando a frequência de ordenha no sistema robotizado aumentou de duas para três vezes ao dia, entretanto, foi observado aumento de 15% na produção leiteira (KRUIP *et al.*, 2000). O aumento da CCS em ordenhas robotizadas pode estar associado ao maior período com esfíncter aberto durante o dia devido ao incremento no número de ordenhas; entretanto, a maior higienização pode ter sido a causa de não haver diferença na CCS quando do aumento do número de ordenhas no estudo citado acima.

Em sistema robotizado, a frequência de ordenha deve ser programada de acordo com o estágio de

lactação, sendo que, somente vacas no pico de lactação devem ser ordenhadas quatro vezes ao dia, pós-parto três e as demais duas, devido à maior secreção de leite que ocorre nessas fases da lactação (HOVINEN e PYORALA, 2011). Desta forma, quando a produção é aumentada, a maior ejeção através da ordenha estimulará a maior produção devido à diminuição do feedback negativo das células secretoras presentes nos alvéolos quando há um acúmulo de leite nas cisternas.

COMPOSIÇÃO DO LEITE

Alguns sistemas de ordenha robotizada que utilizam detecção por espectroscopia no infravermelho possuem o sistema que fornece imediatamente informações sobre qualidade e composição do leite (KAWASAKI *et al.*, 2008). É sabido que vacas de maior produção são ordenhadas mais frequentemente e possuem menor teor de gordura no leite (LOVENDAHL e CHAGUNDA, 2010). Porém, há trabalhos que não detectaram diferenças no teor de gordura entre o sistema convencional e robotizado (SVENNERSTEN-SJAUNA *et al.*, 2000).

KLUNGEL *et al.* (2000) estudaram mudanças na composição do leite em sistemas de ordenha convencional e robotizada, com diferentes frequências de ordenha. Avaliaram 77 fazendas holandesas durante dois anos e concluíram que a frequência de ordenha de três vezes ao dia, em sistema robotizado, aumentou a concentração de ácidos graxos livres (0,38 para 0,53 mmol/100 g gordura) e diminuiu as porcentagens de gordura (4,45 para 4,19%) e proteína (3,47 para 3,42%) em relação à ordenha realizada duas vezes ao dia. Segundo KLEI *et al.* (1997), o fato da ordenha robotizada aumentar a frequência de ordenha pode explicar o aumento nos ácidos graxos livres no leite, pois as vacas ordenhadas mais vezes aumentam a produção e, conseqüentemente, aumentam a mobilização de tecido adiposo corporal. KONING *et al.* (2009) avaliaram 262 fazendas na Holanda, Alemanha e Dinamarca, entre os anos de 1997 a 2001 e concluíram que, após a introdução do sistema robotizado, houve um aumento de ácidos graxos livres (0,39 para 0,57 Meq/100 g gordura).

CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS (CCS) E MASTITE

A baixa contagem de CCS no leite é um indicativo de boa saúde do úbere. Muitos trabalhos relatam aumento significativo da CCS após a implantação

da ordenha robotizada (KLUNDEL *et al.*, 2000) e esse fato pode estar relacionado ao aumento da frequência de ordenha que mantém o esfíncter dos tetos aberto por mais tempo, permitindo, assim, a entrada de patógenos (PETERMANN *et al.*, 2000). DAVIS e REINEMANN (2002) encontraram diferença significativa entre a contagem de células somáticas em sistemas de ordenha robotizada (158.000 células/mL) e convencionais (100.000 células/mL).

RASMUSSEN *et al.* (2001), monitorando 69 fazendas dinamarquesas, demonstraram que após a implantação do sistema robotizado houve aumento agudo da CCS nos primeiros três meses devido ao aumento na abertura dos esfíncteres causados pela maior frequência de ordenha. Após esse período de adaptação ao sistema, houve queda lenta, sendo a CCS normalizada após dois anos da implantação. Kruip *et al.* (2002) também observaram aumento da CCS em fazendas da Holanda após a implantação da ordenha robotizada, porém, não foi observado diferença na CCS quanto a frequência de ordenha foi aumentada de duas para três vezes ao dia. Em outro estudo, realizado em 262 fazendas na Alemanha, Holanda e Dinamarca, foi avaliada a qualidade do leite em sistemas de ordenha convencional e robotizada e foi observado que, após a introdução do sistema robotizado, houve aumento na CCS (170.000 para 204.000 células/mL) e contagem bacteriana total (7.000 para 13.000 unidades formadoras de colônia /mL) (KONING *et al.*, 2009).

O fato da ordenha robotizada aumentar a frequência de ordenha pode não ser a explicação para o aumento significativo da CCS após a implantação desse sistema. A forma de limpeza e desinfecção dos tetos pelo robô também podem influenciar a CCS; porém, são necessários mais estudos para comprovar as causas do aumento da CCS (OHNSTAD *et al.*, 2012).

Em sistemas de ordenha convencional, a detecção de mastite é feita por observação de sinais no momento da ordenha como a presença de grumos no leite, secreção sanguinolenta, inchaços no úbere e maior sensibilidade na ordenha. Nos robotizados, é geralmente feita por condutividade elétrica ou incidência de luz (RASMUSSEN *et al.*, 2001). Existem diversos fatores que impedem a permanência de animais contaminados em sistemas robotizados. A alta frequência de ordenha impede a permanência de antibióticos intramamários, dificuldade de tratar individualmente o animal no momento da ordenha devido à falta de contato com humanos e a alta contaminação da ordenha, podendo afetar os outros animais (EDMONDSON, 2012).

HAMANN e REINECKE (2002) avaliaram dois rebanhos de vacas da raça holandesa na Alemanha, cada um com 40 animais, um com sistema robotizado e outro com sistema de ordenha mecânica comum. Houve decréscimo de infecções latentes, ou seja, casos potenciais onde há ausência de sintomas de 14,29% para 0% no sistema robotizado. Casos de mastite inespecífica foram menores no sistema robotizado e a incidência de *Staphylococcus aureus* foi maior no sistema convencional. Hamann e REINECKE (2002) salientaram que uma gestão hábil e a observação constante dos animais permitem que vacas submetidas à ordenha robotizada produzam leites com qualidades iguais ou até melhores que nos sistemas convencionais. Porém, segundo HOVINEN e Pyorala (2011), nunca se pode esperar que um sistema automático substitua o trabalho de um funcionário competente. Diante dos diferentes resultados encontradas na literatura, parece que a qualidade do leite não depende do sistema adotado para a ordenha, mais sim do gerenciamento dos sistemas.

REPRODUÇÃO

Estudos apontam que o aumento da frequência de ordenha estimula a produção de leite (BARNES *et al.*, 1990; CAMPOS *et al.*, 1994), e esse aumento pode causar um balanço energético negativo das vacas quando a ingestão de matéria seca não é compensada (AMOS *et al.*, 1985; STEFANOWSKA *et al.*, 1996). O balanço energético negativo afeta de forma negativa a reprodução das vacas, pois não há energia para manutenção da atividade ovariana, em outras palavras, o organismo animal entende que se não há energia suficiente para a vaca, ela não pode manter uma gestação. Vacas de alta produção leiteira possuem maiores concentrações de somatotropina e prolactina, hormônios estimuladores da lactação, e menores concentrações de insulina. A insulina favorece a captação de glicose pelo ovário, o que estimula o desenvolvimento folicular (NEBEL e MCGILLIARD, 1993).

KRUIP *et al.* (2000, 2002), avaliando três rebanhos de genética Holandês, demonstraram que vacas em sistema robotizado com frequência de ordenha diária não maiores que três apresentaram melhora expressiva na produção de leite (15%) sem afetar a reprodução. STEFANOWSKA *et al.* (1996) mostraram que vacas ordenhadas, em média, três vezes por dia e com observações individuais de cio não demonstraram decréscimo na reprodução em sistema robotizado.

BEM ESTAR ANIMAL

O fato do sistema de ordenha robotizada permitir ao animal o livre acesso à ordenha no momento em que ele sentir necessidade aumenta o conforto e bem estar e traz benefícios para sua saúde, além de permitir o contato mínimo entre vaca e homem (HOLLOWAY *et al.*, 2014).

Durante o processo de implantação do sistema, e mesmo após o estabelecimento da rotina na ordenha, alguns animais podem demonstrar agressividade perante o robô com coices e movimentos excessivos. Desde que não seja frequente, esse fato é comum e por essa razão é indispensável a utilização de sistemas de câmeras que transmitam as imagens do estábulo ao escritório do administrador (KAHILAHTI *et al.*, 2007). Assim, caso haja alguma anormalidade no processo, pode-se fazer a rápida intervenção evitando danos ao robô. A detecção eletrônica do nível de passos e retrocessos do animal durante a ordenha fornece informações gráficas que permitem identificar animais calmos e agitados naturalmente e, a partir das mudanças comportamentais, detectar que esse animal está com algum problema (PASTELL *et al.*, 2006).

As claudicações são problemas comuns em sistemas de produção leiteira em confinamento e acarretam dores, perda de peso, redução da fertilidade e diminuição na produção de leite (WHAY *et al.*, 1997). O sistema robotizado, automatizado com câmeras substitui a observação humana, permite a observação do animal e a detecção de mudanças comportamentais que indicam casos de claudicações. Menor número de visitas ao robô e ao cocho de alimentação e menor tempo de ruminação são indicativos de claudicações (MIGUEL- PACHECO *et al.*, 2014).

PASTELL e MADSEN (2008) desenvolveram um sistema que detecta diferenças na distribuição do peso do animal sobre os membros, indicando, assim, o início do processo de claudicação antes do aparecimento de sinais clínicos. Segundo MIGUEL-PACHECO *et al.* (2014), as tecnologias utilizadas nas ordenhas robotizadas podem compensar a observação humana e detectar fatores indicadores de desconforto e estresse.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Robôs ordenhadores são viáveis para produtores que possuem alto valor aquisitivo para investimento inicial. O bom gerenciamento do sistema, através da programação adequada, principalmente da

frequência de ordenha, pode anular os efeitos negativos sobre a composição do leite e incidência de CCS e mastite nos primeiros três meses após a implantação do sistema. Devido ao aumento da frequência de ordenha, o sistema robotizado pode diminuir a porcentagem de gordura e proteína no leite e aumentar os ácidos graxos livres, devido à maior mobilização de tecido adiposo. O sistema de ordenha adotado, se planejado e gerenciado de maneira correta, não afeta a reprodução das vacas. Inquestionavelmente, a ordenha robotizada melhora o bem estar das vacas e a reprodução não é afetada se a ingestão de matéria seca for adequada para evitar balanço energético negativo. A grande vantagem da completa automação na ordenha é a redução da necessidade de mão de obra, diminuindo os custos com funcionários.

Até o presente momento, inexistem artigos científicos que abordem a questão econômica da ordenha robotizada, incluindo estudos sobre os custos de implantação e o retorno econômico dos investimentos. Porém, em uma revista técnica de grande circulação entre pecuaristas, um empresário do Estado do Paraná que obteve o primeiro e, até o momento, único robô no Brasil, afirmou que os custos de investimento foi estimado em R\$19.000,00 por vaca e que a previsão do retorno será entre oito a dez anos. Esse investimento inclui a infraestrutura e construção civil do projeto, robô e o biodigestor. Vale salientar que o empresário possuía, na ocasião, um rebanho com 140 vacas holandesas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio na realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AKHLOUFI, M.A. 3D vision system for intelligent milking robot automation. **Intelligent robots and computer vision XXXI: algorithms and techniques**. San Francisco: Juha Röning, 2014.
- AMOS, H.E.; KISER, T.; LOEWENSTEIN, M. Influence of milking frequency on productive and reproductive efficiencies of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.732-739, 1985.
- BARNES, M.A.; PEARSON, R.E.; LUKES-WILSON, A.J. Effects of milking frequency and selection for milk yield on productive efficiency of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.1603-1611, 1990.
- CAMPOS, M.S.; WILCOX, C.J.; HEAD, H.H.; WEBB, D.W.;

- HAYEN, J. Effects on production of milking three times daily on first lactation Holsteins and Jerseys in Florida. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.770-773, 1994.
- CATTANEO, M.A.G.; CAVALCHINI, A.G.; ROGONOL, G.L. Design and construction of a robotic milking system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6., 1996, Cancun, México. **Proceedings...**Cancun, México: Amercian Society of Agricultural Enginneers, 1996. p.155.
- DAVIS, M.A.; REINEMANN, D.J. Milking performance and udder health of cows milked robotically and conventionally. **Society for engineering in agriculture food and biological systems**, v.2 -3112, p.1-8, 2002.
- DELAMAIRE, E.; GUINARD-FLAMENT, J. Increasing milking intervals decreases the mammary blood flow and the mammary uptake of nutrients in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3439-3446, 2006.
- EDMONDSON, P. Mastitis control in robotic milking systems. **In practice**, v.34, p.260-268, 2012.
- GLASS, J.D.; KLEIN, H.J.; TERPELUX, W.; POUCH, W.J. The implementation of robotic technology in an animal facility: a case study. **The journal of the American Association for Laboratory Animal Science**, v.43, p.14-17, 2004.
- HALACHMI, I.; ADAN, I.J.B.F.; VAN DER WALD, J.; VAN BEEKE P.; HEESTERBEEKF, J.A.P. Designing the optimal robotic milking barn by applying a queuing network approach. **Agricultural Systems**, v.76, p.681-696, 2003.
- HALE, S.A.; CAPUCO, A.V.; ERDMAN, R.A. Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2061-2071, 2003.
- HAMANN, J.; REINECKE, F. Machine milking effects on udder health - comparison of a conventional with a robotic milking system. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON ROBOTIC MILKING, 1., 2002, Toronto, Canada. **Proceedings...** Toronto, Canada: Wageningen Pers, 2002. p.IV-17-IV-27.
- HANSEN, B.G. Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. **Journal of Rural Studies**, v.41, p.109-117, 2015.
- HERMANS, G.G.N.; IPEMA, A.H.; STEFANOWSKA, J.; METZ, J.H.M. The effect of two traffic situations on the behavior and performance of cows in an automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1997-2004, 2003.
- HOGVEEN, H.; OUWELTJES, W.; KINING, C.J.A.M.; STELWAGEN, K. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. **Livestock Production Science**, v.72, p.157-167, 2001.
- HOLLOWAY, L.; BEAR, C.; WILKINSON, K. Re-capturing bovine life: Robot-cow relationships, freedom and control in dairy farming. **Journal of Rural Studies**, v.33, p.131-140, 2014.
- HOVINEN, M.; PYORALA, S. Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.547-562, 2011.
- JAGO, J.; KERRISK, K. Training methods for introducing cows to a pasture-based automatic milking system. **Applied Animal Behaviour Science**, v.131, p.79-85, 2011.
- KAIHILAHTI, J.; SUOKANNAS, A.; RAUSSI, S. Observation of cow behaviour in an automatic milking system using web-based video recording technology. **Biosystems Engineering**, v.96, p.91-97, 2007.
- KAWASAKI, M.; KAWAMURA, S.; TSUKAHARA, M.; MORITA, S.; KOMIYAM, M.; NATSUGA, M. Near-infrared spectroscopic sensing system for on-line milk quality assessment in a milking robot. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.63, p.22-27, 2008.
- KLEI, L.R.; LYNCH, J.M.; BARBANO, D.M.; OLTENACU, P.A.; LEDNOR, A.J.; BANDLER, D.K. Influences of milking three times a day on milk quality. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.427-436, 1997.
- KLUNGEL, G.H.; SLAGHUIS, B.A.; HOGVEEN, H. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1998-2003, 2000.
- KONING, C.J.A.M. Automatic Milking Common Practice on Dairy Farms. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON PRECISION DAIRY MANAGEMENT, 1., 2010, Toronto. **Proceedings...** Toronto: New Precision Dairy, 2010. p.52-67.
- KONING, K.; SLAGHUIS, B.; VAN DER VORST, Y. Robotic milking and milk quality: effects on bacterial counts, somatic cell counts, freezing point and free fatty acids. **Italian Journal of Animal Science**, v.2, p.291-299, 2009.
- KRUIP, T.A.M.; MORICE, H.; ROBERT, M.; OUWELTJES, W. Robotic milking and its effect on fertility and cell counts. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.2576-2581, 2002.
- KRUIP, T.A.M.; STEFANOWSKA, J.; OUWELTJES, W. Robot milking and effect on reproduction in dairy cows: a preliminary study. **Animal Reproduction Science**, v.60, p.443-447, 2000.
- LOPES, M.A. **Informática aplicada à bovinocultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1997.
- LOPES, M.A.; BARBOSA, G.L.; NOGUEIRA, T.M. Viabilidade econômica da terceira ordenha em sistemas de produção de leite com ordenha manual. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, p.412-420, 2012.
- LOVENDAHL, P.; CHAGUNDA, M.G.G. Covariance

- among milking frequency, milk yield, and milk composition from automatically milked cows. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.5381-5392, 2010.
- MADSEN, J.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. Concentrate composition for automatic milking systems - effect on milking frequency. **Livestock Science**, v.127, p.45-50, 2010.
- MARTINS, A. **O que é robótica**. São Paulo: Brasiliense, 1993. 1v.
- MIGUEL-PACHECO, G.; KALER, J.; REMNANT, J.; CHEYNE, L.; ABBOTT, C.; FRENCH, A.P.; PRIDMORE, T.P.; HUXLEY, J.N. Behavioural changes in dairy cows with lameness in an automatic milking system. **Applied Animal Behaviour Science**, v.150, p.1-8, 2014.
- MUNKSGAARD, L.; RUSHEN, J.; PASSILLÉ, A.M.; KROHN, C.C. Forced versus free traffic in an automated milking system. **Livestock Science**, v.138, p.244-250, 2011.
- NEBEL, R.L.; MCGILLIARD, M.L. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3257-3268, 1993.
- OHNSTAD, R.G.M.; RIEKERINK, O.; HOGWERF, P.; KONING, C.A.J.M.; BARKEMA, H.W. Short communication: effect of automatic postmilking teat disinfection and cluster flushing on the milking work routine. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.2567-2570, 2012.
- PASTELL, M.; MADSEN, H. Application of CUSUM charts to detect lameness in a milking robot. **Expert Systems with Applications**, v.35, p.2032-2040, 2008.
- PASTELL, M.; TAKKO, H.; GROHN, H.; HAUTALA, M.; POIKALAINEN, V.; PRAKS, J.; VEERMAE, I.; KUJALA, M.; AHOKAS, J. Assessing Cows' Welfare: weighing the Cow in a Milking Robot. **Biosystems Engineering**, v.93, p.81-87, 2006.
- PETERMANN, M.; WOLTER, W.; KOTTING, C.; KLOPPERT, B.; SEUFERT, H.; ZSCHOCK, M. Single quarter milk flow profiles and rate of subclinical mastitis in automatic milking systems. In: ROBOTIC MILKING PROCEDINGS INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 2000, Lelystad, The Netherlands. **Proceedings...** Lelystad, The Netherlands: 2000. p.120-121
- PRESCOTT, N.B.; MOTTRAM, T.T.; WEBSTER, A.J.F. Relative motivations of dairy cows to be milked or fed in a Y-maze and an automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.3488-3497, 1998.
- RASMUSSEN, M.D.; BLOM, J.Y.; NIELSEN, L.A.H.; JUSTESEN, P. Udder health of cows milked automatically. **Livestock Production Science**, v.72, p.147-156, 2001.
- SCOTT, V.E.; KERRISK, K.L.; THOMSON, P.C.; LYONS, N.A.; GARCIA, S.C. Voluntary cow traffic and behavior in the premilking yard of a pasture-based automatic milking system with a feed supplementation regime. **Livestock Science**, v.171, p.52-63, 2015.
- SITKOWSKA, B.; PIWCZYŃSKI, D.; AERTS, J.; WAŚKOWICZ, M. Changes in milking parameters with robotic milking. **Archives Animal Breeding**, v.58, p.137-143, 2015.
- STEFANOWSKA, J.; HOGVEEN, H.; DEVIR, S.; BENDERS, E. Occurrence of estrus in frequently milked cows in an automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.278, 1996. Supplement, 1.
- SVENNERSTEN-SJAUNA, K.; BERGLUND, I.; PETTERSSON, G. The milking process in an automated milking system, evaluation of milk yield, teat condition and udder health. In: PROCEEDINGS ROBOTIC MILKING INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 2000, Lelystad. **Proceedings...** Lelystad: The Netherlands, 2000. p.277-287.
- WHAY, H.R.; WATERMAN, A.E.; WEBSTER, A.J. Associations between locomotion, claw lesions and nociceptive threshold in dairy heifers during the peri-partum period. **The Veterinary Journal**, v.154, p.155-161, 1997.