



# Sistema de ordenha automático

bigstockphoto.com

Cláudio Antônio Versiani Paiva<sup>1</sup> - CRMV-MG 6203, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira<sup>1</sup> - CRMV-MG5930, Thierry Ribeiro Tomich<sup>1</sup>, Fernando Pimont Possas<sup>2</sup> - CRMV-MG 7779

<sup>1</sup> Embrapa Gado de Leite, Complexo Multiusuário de Bioeficiência e Sustentabilidade da Pecuária, Coronel Pacheco, Minas Gerais

<sup>2</sup> Bolsista Pós-Doc – CAPES – Universidade Federal de São João del-Rei/Embrapa

## 1. Introdução

O aumento no valor dos preços de terra e da mão de obra e a diminuição da lucratividade nas últimas décadas têm motivado produtores de leite a aumentarem a eficiência dos sistemas de produção (de Koning, 2004). A adoção de tecnologias de automação e pecuária de precisão tem contribuído para o aumento dessa eficiência. O maior impacto pode ser constatado na redução do tempo e dos custos de atividades como remoção e tratamento de dejetos, alimentação e ordenha dos animais.

Tradicionalmente, a ordenha das vacas está associada a uma atividade laboral intensa, mesmo após o advento dos sistemas de ordenha mecânicos. No entanto, a robotização dos sistemas de ordenha tornou o processo mais flexível e menos laborioso (Hogeveen *et al.*, 2004). O sistema de ordenha robotizado, também conhecido como automático (AMS,

do inglês *Automatic Milking System*) ou voluntário (VMS, do inglês *Voluntary Milking System*), promoveu a automação completa de todo o processo de ordenha. Sensores monitoram e registram automaticamente o volume de leite, parâmetros de qualidade do leite e frequência de ordenha dos animais, mantendo um arquivo de todos os processos realizados sem a intervenção humana (Bloss, 2014). Várias empresas lançaram comercialmente os seus robôs de ordenha, incluindo a DeLaval, Fullwood, GEA Farm Technologies, SAC, Lely, Boumatic e Insentec.

O primeiro sistema de ordenha automático foi instalado na Holanda, em 1992, pela empresa Lely (Schewe e Stuart, 2015). Desde então tem-se observado um crescimento significativo no número de fazendas ao redor do mundo que têm adotado o AMS. Atualmente, estima-se que mais de 10.000 sistemas de

ordenha robotizados estejam operando em aproximadamente 5.500 fazendas no mundo inteiro (de Koning, 2011; Svennersten-Sjaunjae Pettersson, 2014). A maioria das fazendas que adotaram o sistema de ordenha automático está localizada no continente europeu, em países como Holanda, Dinamarca, Noruega e Suécia; porém a sua adoção vem crescendo também nos países da América do Norte (Bisaglia *et al.*, 2012). A primeira ordenha robótica instalada na América do Norte ocorreu no fim dos anos 90 (Walker *et al.*, 2014). Estima-se que mais de 200 fazendas nos EUA e 350 no Canadá operavam com AMS entre 2011 e 2012 (Gillespie *et al.*, 2014; Schewe e Stuart, 2015; Tranel *et al.*, 2015). A adoção dos sistemas robotizados de ordenha deve continuar crescendo ao redor do mundo, impulsionada pela escassez e encarecimento da mão de obra associada à preferência por não empregar mão de obra não familiar e à demanda por mais flexibilidade do trabalho e qualidade de vida (Bloss, 2014; Schewe e Stuart, 2015).

No Brasil, a primeira ordenha robótica foi instalada em Castro/PR e entrou em operação em 2012. Em 2015, pouco mais de dez unidades robóticas encontravam-se em operação em 10 fazendas. Até o momento, duas empresas estão comercializando o equipamento no Brasil, e a estimativa é que, em 2020, aproximadamente 50 unidades estejam em funcionamento no Brasil.

Uma recente pesquisa

realizada com produtores de leite da Europa indicou que 40% dos investimentos a serem realizados em novas salas de ordenha preveem a instalação de sistemas de ordenha robotizados. Estima-se que a proporção de vacas ordenhadas com o AMS no mundo alcance 18% em 2016 (Holloway, 2014).

## 2. Operação do sistema de ordenha automático

O sistema de ordenha automático (AMS) é composto por diferentes módulos: sistema de contenção, sistema de detecção de tetos, braço robótico para colocação dos insufladores, sistema de limpeza

de tetos, sistema de sensores, *software* e o próprio equipamento de ordenha (Hogeveen *et al.*, 2001). A entrada e a saída da vaca dentro do sistema de contenção são controladas por portões automáticos. Uma vez contida no *box* de ordenha, o braço robótico encontra os tetos da vaca, lava-os, estimula-os, retira e examina os primeiros jatos para anormalidades, para posterior acoplamento individual dos

insufladores. O fluxo de leite é monitorado e o desacoplamento é realizado individualmente por quarto. Após a retirada dos insufladores,

o braço robótico aplica um *spray* de desinfetante em todos os tetos, para posterior liberação da vaca (Walker *et al.*, 2014).

Os sistemas de ordenha automáticos apresentam várias configurações e composições, dependendo

*A adoção dos sistemas robotizados de ordenha deve continuar crescendo ao redor do mundo, impulsionada pela escassez e encarecimento da mão de obra, associada à preferência por não empregar mão de obra não familiar e à demanda por mais flexibilidade do trabalho e qualidade de vida.*

*Uma vez contida no box de ordenha, o braço robótico encontra os tetos da vaca, lava-os, estimula-os, retira e examina os primeiros jatos para anormalidades, para posterior acoplamento individual dos insufladores.*

do fabricante. A apresentação mais simples é constituída por uma única unidade com um único braço robótico. Essas unidades possuem capacidade para ordenhar um rebanho de 50 a 60 vacas. Alguns fabricantes projetaram sistemas em que um único braço robótico serve duas unidades de ordenha, aumentando a capacidade de ordenha para 80 a 90 vacas. Há ainda a opção de se organizarem as unidades de ordenha robóticas em *clusters*, dispersas por todo o galpão, em galpões tipo *tie stall*, e adaptadas em sistemas convencionais rotativos, e dessa forma expandir a capacidade de ordenha para médios e grandes rebanhos (Walker *et al.*, 2014).

O *design* do AMS exige pouco espaço para a sua instalação, podendo operar em praticamente qualquer sistema, desde aqueles confinados até sistemas a pasto, podendo ser facilmente realocado em função de uma nova instalação ou expansão do sistema de produção (de Koning e Rodenburg, 2004; Reinemann, 2008; de Koning, 2011; Rodenburg, 2013; Scott *et al.*, 2015).

Ao projetar o *layout* das instalações, é necessário levar em conta uma série de fatores, como oferecer máximo conforto para as vacas, altas taxas de frequência de ordenha, curtos períodos de espera para ordenha e fácil acesso à área de descanso. No entanto, nenhum projeto consegue suprir todos esses fatores integralmente, devido aos conflitos entre oferecer máximo conforto e obter máxima eficiência no manejo das vacas (de Koning, 2011). O tipo de fluxo a ser adotado depende de fatores relacionados às questões estruturais e de manejos específicos de cada fazenda. Geralmente as vacas podem acessar o AMS por três tipos de fluxo:

Fluxo livre: as vacas acessam o robô quando este se encontra livre, assim como possuem acesso irrestrito à pista de alimentação e à área de descanso. Esse tipo de fluxo

normalmente resulta em menores taxas de frequência de ordenha e maior número de vacas a serem ordenhadas involuntariamente. Contudo, é o sistema que confere maior liberdade e bem-estar às vacas (Fig. 1);

Fluxo forçado com alimentação primeiro: as vacas possuem acesso livre à pista de alimentação e obrigatoriamente passam pelo robô para obterem acesso à área de descanso. Se elas foram recentemente ordenhadas, serão desviadas diretamente para a área de descanso. Esse tipo de fluxo resulta em intervalos entre ordenhas mais regulares, menor número de vacas com longos intervalos entre ordenhas e reduzido número de ordenhas involuntárias. Contudo, nesse sistema as vacas podem hesitar em passar pelos portões de separação e permanecerem por mais tempo na área de alimentação (Fig. 2);

Fluxo forçado com ordenha primeiro: as vacas devem obrigatoriamente passar pelo robô para obterem acesso à pista de alimentação e retornarem à área de descanso. Nesse

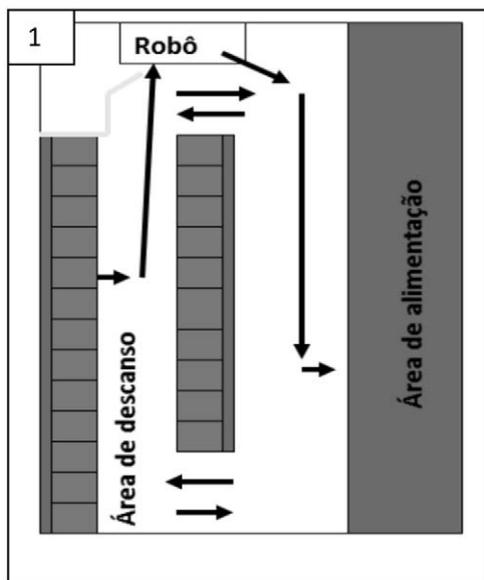


Figura 1. Modelo de *layout* de fluxo livre.

Fonte: Adaptado de Rodenburg (2014).

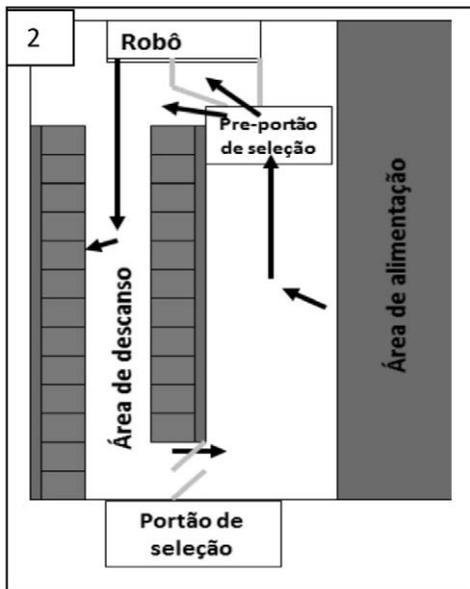


Figura 2. Modelo de *layout* de fluxo forçado com alimentação primeiro.

Fonte: Adaptado de Rodenburg (2014).

sistema as vacas podem formar longas filas e permanecerem por mais tempo em pé na área de espera, impactando frequência de ordenha e aumentando problemas relacionados ao casco. Um bom projeto deve contemplar uma área de espera adequada próxima à unidade robótica (Fig. 3).

Estudo realizado por Schewe e Stuart (2015), com pequenas e médias fazendas, mostrou que a maioria absoluta dos produtores europeus que adotaram o AMS fizeram opção pelo sistema de fluxo livre. Em contraste, a maioria dos produtores americanos teve preferência pelo fluxo forçado.

Para motivar a entrada no robô, normalmente é ofertada uma quantidade variável de concentrado no momento da ordenha (Prescott *et al.*, 1998), impactando diretamente no fluxo de animais ordenhados. Nesse sentido, Scott *et al.* (2015) observaram uma forte associação entre a ordenha voluntária e o acesso à alimentação concentrada pós-or-

denha, possuindo ainda potencial de manejar essa relação para influenciar o tráfego de animais na sala de espera. Além de manter o interesse das vacas em se aproximarem do robô, a adequada oferta de concentrado contribui para a manutenção da condição corporal e a garantia de uma suficiente produção de leite.

Cada sistema de produção determina a frequência máxima de visitas diárias das vacas ao robô, podendo ser programado valores individuais, por lote, ou para todo o rebanho. Normalmente, esse valor varia de 5 a 6 visitas por dia, com o objetivo de maximizar a produção sem causar estresse adicional aos animais (Schewe e Stuart, 2015). Forsberg *et al.* (2002) observaram que fazendas que optaram pelo fluxo livre obtiveram as menores frequências de visitas voluntárias, quando comparadas àquelas que adotaram o fluxo forçado. Por outro lado, a produção de leite não diferiu significativamente entre os dois tipos de sistema.

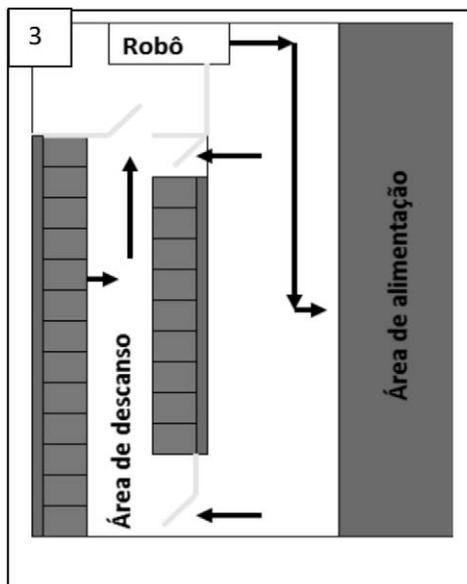


Figura 3. Modelo de *layout* de fluxo forçado com ordenha primeiro.

Fonte: Adaptado de Rodenburg (2014).

O período de adaptação das vacas ao novo sistema normalmente apresenta grandes variações entre fazendas. Castro *et al.* (2015) observaram que o período médio de adaptação das vacas foi de 188 dias, ao passo que Jacobs e Siegford (2012) observaram que, em fazendas americanas, 95% das vacas foram ordenhadas voluntariamente dentro de 30 dias. Divergências entre fazendas podem indicar que o protocolo de transição utilizado talvez não seja o recomendado pelos fabricantes do AMS. Adicionalmente, o sucesso da implantação de um sistema de ordenha automático dependerá de fatores como planejamento adequado das instalações, conhecimento e capacitação da mão de obra para operá-lo (Hillerton *et al.*, 2004). As fazendas que obtiveram maior nível de sucesso na transição para o sistema de ordenha automático foram aquelas em que o número de animais estava de acordo com o dimensionamento do equipamento, e que os fazendeiros já possuíam conhecimento e experiência prévia com sistemas de gerenciamento computadorizado de rebanho (Castro *et al.*, 2015). Por outro lado, Hillerton *et al.* (2004) observaram que a maioria das fazendas que converteram do sistema convencional para o sistema robotizado o fizeram em condições abaixo do nível ideal de estrutura, conhecimento e planejamento. Essas condições ajudam a explicar por que algumas fazendas não obtêm sucesso em manter o sistema AMS.

*...a vantagem do AMS está na disponibilidade de mais tempo para atividades gerenciais e estratégicas.*

### **3. Implicações sobre a mão de obra e a qualidade de vida**

A pecuária de leite é uma atividade que apresenta limitações em relação ao número de

horas trabalhadas diariamente e às folgas dos funcionários, fatores dependentes da dinâmica de cada fazenda. A operação de ordenha, em especial, requer mão de obra capacitada, porém cada vez mais escassa e onerosa.

Entre as principais razões para a aquisição do AMS, destacam-se escassez e encarecimento da mão de obra, problemas relativos à sucessão familiar e uso de tecnologia inovadora pelos mais jovens, procura por mais tempo com a família, mais qualidade de vida, redução e maior flexibilidade do trabalho, prolongamento do tempo de vida no trabalho a partir da terceira idade. Enfim, o sistema de ordenha robotizado é visto como um sistema poupador de mão de obra e de tempo, tornando o uso do tempo mais produtivo e lucrativo (Butler *et al.*, 2012; Haan *et al.*, 2012; Mathijs, 2004; Castro *et al.*, 2015; Schewe e Stuart, 2015; Walker *et al.*, 2015).

Pesquisas realizadas até o presente momento têm apontado reduções entre 19% e 50% do tempo associado à ordenha das vacas, além da redução no quantitativo e custo da mão de obra após a instalação do AMS (de Koning and Rodenburg, 2004; Mathijs, 2004; Bijl *et al.*, 2007; Heikkila *et al.*, 2010; Borchers, 2015; Castro *et al.*, 2015; Steeneveld e Hogeveen, 2015). Nesse sentido, Dijkhuizen *et al.* (1997) observaram que a substituição de mão de obra em fazendas que adotaram o AMS pode resultar em economia de US\$ 200,00/vaca/ano.

No entanto, o número de pessoas dedicadas à atividade como um todo não tem sofrido grandes mudanças em relação ao sistema de produção convencional. Nesse sentido, a vantagem do AMS está na disponibilidade de se ter mais tempo para atividades gerenciais e estratégicas (Edmondson, 2015). A

maior parte desse tempo é ocupada com atividades ou funções associadas à checagem e monitoramento dos dados e informações gerados pelo sistema, enquanto ocorre redução do tempo gasto com atividades operacionais (Butler *et al.*, 2012; Castro *et al.*, 2015).

A adoção do AMS tem alterado de forma significativa o papel do produtor de leite e sua relação com as vacas. Em vez de gastarem o tempo ordenhando as vacas, eles permanecem mais tempo inspecionando e observando os animais, o que pode ser considerado uma vantagem em relação ao sistema de ordenha convencional. Dessa forma, os produtores podem detectar problemas mais precocemente em função da maior disponibilidade de tempo para observar os animais (Butler *et al.*, 2012; Schewe e Stuart, 2015).

Nesse contexto, as tecnologias de automação e precisão em todas as suas dimensões e áreas aplicáveis surgem para complementar a mão de obra. Ao criar novas oportunidades, demandam mão de obra especializada, ampliam os salários pagos aos novos trabalhos e funções, promovem o aumento da produtividade e eficiência dos sistemas de produção (David H. Autor, 2015).

## 4. Implicações sobre a produtividade, saúde do úbere e bem-estar animal

Uma unidade de ordenha robótica pode aumentar a produção de leite entre 6% e 35% devido, principalmente, ao aumento da frequência de ordenha (Kruip *et al.*, 2002; Wagner-Storch e Palmer, 2003; de Koning e Rodenburg, 2004; Speroni *et al.*, 2006; Walker *et al.*, 2014; Steeneveld *et al.*, 2015). O número de frequências de ordenha alcançado no AMS depende de fatores como tipo de fluxo e rotina de ordenha adotados, sendo que as frequências podem ser pré-determina-

das e adaptadas ao estágio de lactação ou ao tipo de sistema de produção (Svennersten-Sjaunja e Pettersson, 2008). Estudos têm demonstrado que a frequência média de ordenhas em um sistema de ordenha automático tem variado entre 2,5 a 3,0 ordenhas/vaca/dia. Vacas de alta produção são incentivadas a serem ordenhadas até quatro a cinco vezes por dia, estimulando o acesso à ordenha pelo fornecimento de alimentação concentrada várias vezes ao dia (Walker *et al.*, 2014). Adicionalmente, o fornecimento de alimentação concentrada durante a ordenha nesse tipo de sistema tem sido associado à redução do tempo de ordenha, aumento do fluxo e maior extração do leite (Samuelsson *et al.*, 1993). A explicação mais provável tem a ver com a melhora do reflexo de liberação da oxitocina quando a alimentação concentrada é fornecida (Svennersten *et al.*, 1995). Outro fator que tem sido associado ao aumento da produção de leite no AMS é a adoção de uma rotina de ordenha consistente e sistemática (Rasmussen *et al.*, 1990). O AMS permite que o processo de ordenha seja executado sempre da mesma forma a cada ordenha, tornando a rotina previsível para as vacas.

Contudo, algumas fazendas comerciais têm reportado que a expectativa de aumento na produção de leite não se concretizou após a implantação do AMS. O resultado negativo pode ser creditado parcialmente à redução da curva de lactação, ocorrida em função dos intervalos irregulares entre ordenhas e às falhas na colocação dos insufladores (Billon e Tournaire, 2002; Bach e Busto, 2005). Porém, a maioria dos casos reportados de queda na produção foi devido às mudanças estruturais e de manejo que ocorreram concomitantemente à adoção do AMS (Steeneveld e Hogeveen, 2015).

Walker *et al.* (2014) avaliaram sete rebanhos que fizeram a transição de um sistema

de ordenha convencional para o automático. Observaram que quatro fazendas aumentaram a produção média de leite por lactação, uma fazenda apresentou diminuição, enquanto em duas não foi possível determinar o efeito sobre a produção (Tab. 1).

Sistemas de ordenha automáticos geram grande quantidade de dados relacionados aos parâmetros de ordenha, qualidade do leite, alimentação e atividade dos animais (Garcia *et al.*, 2014). Esses dados constituem a base para os alarmes pré-definidos pelo usuário, os quais podem ser consultados diariamente pelo gestor da fazenda. Estudos realizados até o momento relatam que a incidência de doenças é extremamente variável entre fazendas que adotaram o AMS. Entre os principais fatores que influenciam os parâmetros de saúde das vacas, destacam-se o manejo de adaptação ao sistema robótico, a estrutura disponível, a temporalidade e tipificação das decisões tomadas (Hillerton *et al.*, 2004, Schewe e Stuart, 2015).

Edmondson (2015) cita que, em rebanhos bem dimensionados e manejados, os níveis de mastite e outras doenças podem ser

menores com o uso de robôs. Porém, quando essas condições não estão presentes, pode haver aumento da CCS, de problemas de casco e aqueles relacionados à nutrição. Nesse sentido, Zecconi *et al.* (2003) reportaram que a adoção do sistema de ordenha automático por si só não piorou a saúde do úbere das vacas quando o manejo e o *status* sanitário do rebanho estavam em níveis satisfatórios no momento da sua implantação. Sarikaya e Bruckmaier (2006) reportaram que a adoção do AMS reduziu a taxa de sobreordenha comumente observada em sistemas de ordenha convencionais, influenciando de forma positiva a CCS do leite individual das vacas.

Por outro lado, há estudos demonstrando que, imediatamente após a adoção do AMS, ocorre um aumento da CCS do leite de tanques individuais; porém, retornando aos níveis pré-adoção após o período de transição (Klungel *et al.*, 2000; Rasmussen *et al.*, 2001, 2002; Kruij *et al.*, 2002). Alguns fatores, como intervalos maiores e irregulares de ordenha, podem ocasionar maior pressão intramamária, fazendo com que algumas vacas apresentem maior nível de gotejamento de

**Tabela 1. Comparação da produção de leite entre sistemas de ordenha automáticos e convencionais no Canadá**

Fazenda	Tamanho do rebanho (n)	Frequência média de ordenha/dia	Produção vaca/ano antes da adoção do AMS	Produção vaca/ano após a adoção do AMS	Diferença (%)
A	49	3,1	9.000	10.600	+17,8%
B	50	2,8	-	-	-
C	125	2,7	8.900	9.550	+7,3%
D	55	3,2	8.482	9.739	+14,8%
E	59	2,6	-	-	-
F	65	2,5	7.500	8.600	+14,7%
G	95	2,8	8.700	7.200	-17,2%

Fonte: Adaptado de Walker *et al.* (2014).

leite entre ordenhas, o que, por sua vez, está relacionado a um maior risco de incidência de mastite no rebanho (Persson Waller *et al.*, 2003). Outro fator que explicaria a maior contagem de CCS é a parada técnica do robô para manutenção. Novamente, algumas vacas podem experimentar intervalos extremamente longos, o que aumenta o risco de mastite (Pettersson *et al.*, 2002). Esse fato indica a importância de se ter a assistência técnica disponível 24 horas para minimizar os períodos de interrupções.

Steenefeld *et al.* (2015) observaram que, dependendo do manejo e dinâmica da fazenda, os alarmes de mastite emitidos pelo AMS podem não ser atendidos imediatamente, e mesmo os animais que não desencadearam o acionamento do alarme, mas que seriam identificados como caso clínico de mastite pelo ordenhador em sistemas de ordenha convencionais, acabavam passando despercebidamente nos sistemas de ordenha automáticos.

Em relação à contagem bacteriana total do leite (CBT), estudos realizados na Holanda e Dinamarca indicaram que a CBT do leite de tanques individuais aumentaram após a introdução do AMS. Entre as causas mais prováveis estão problemas relacionados

à deficiência na gestão de processos, como limpeza do equipamento e dos tetos, maior tempo de permanência do leite dentro do sistema de ordenha automático e aqueles ligados ao tempo de resfriamento do leite, alimentos e camas contaminadas e condições de limpeza e higiene do ambiente (Klungel *et al.*, 2000; Rasmussen *et al.*, 2002; Magnusson, 2007).

Walker *et al.* (2014) avaliaram sete rebanhos que fizeram a transição de um sistema de ordenha convencional para o automático. Observaram que a CCS diminuiu em três fazendas, ao passo que três fazendas apresentaram aumento. Apenas uma fazenda não experimentou nenhuma mudança na CCS após a transição. Em relação à CBT, observaram que duas fazendas apresentaram decréscimos, uma fazenda não mostrou alteração no número de bactérias totais, e duas fazendas apresentaram uma tendência de alta após a transição (Tab. 2).

Implicações sobre a composição do leite foram relatadas por Svennersten-Sjaunja *et al.* (2000), que demonstraram não haver diferença nos teores de gordura e proteína quando compararam sistemas de ordenha convencional e automático. Justesen e Rasmussen (2000) observaram que os níveis de ácidos

**Tabela 2. Comparação dos parâmetros de qualidade do leite entre sistemas de ordenha automáticos e convencionais no Canadá**

Fazenda	Tamanho do rebanho (n)	CCS antes da adoção do AMS	CCS após a adoção do AMS	Diferença (%)	CBT antes da adoção do mas	CBT após a adoção do AMS	Diferença (%)
A	49	200.000	100.000	-50,0%	4.000	2.500	-37,5%
B	50	125.000	225.000	+80,0%	-	-	-
C	125	200.166	185.833	-7,7%	7.634	4.925	-35,5%
D	55	150.000	162.000	+8,0%	1.346	2.102	+56,0%
E	59	200.000	200.000	0,0%	3.000	3.000	0,0%
F	65	325.000	225.000	-30,8%	-	18.000	-
G	95	100.000	325.000	+225,0%	Baixa	Acima da média	Aumentou

graxos livres (AGL) aumentaram em fazendas após adoção do AMS (Klungel *et al.*, 2000; de Koning *et al.*, 2003). Teores elevados de AGL são indesejáveis, pois promovem alterações sensoriais, diminuição da vida de prateleira e de rendimento de fabricação dos produtos lácteos (Tuckey e Stadhouders, 1967; Sapru *et al.*, 1997). Ainda não se conhece exatamente o porquê do aumento dos AGL em leites de vacas ordenhadas automaticamente, mas os estudos realizados até o momento mostram que esse fato pode estar ligado ao aumento da frequência e menor intervalo entre ordenhas, impactando no aumento do tamanho dos glóbulos de gordura e tornando-os mais susceptíveis à lipólise (Ahrne e Bjork, 1985; Ipema e Schuiling, 1992; Klei *et al.*, 1997; Wiking *et al.*, 2003; Wiking *et al.*, 2006).

Questões sobre a influência do sistema de ordenha automático no bem-estar animal têm sido levantadas constantemente. Vacas costumam seguir uma rotina nas atividades de alimentação e descanso. No AMS, os animais seguem uma rotina de alimentação, ordenha e descanso; porém, dependendo do tipo de fluxo, a ordem pode ser alterada, e aguardam em fila para serem ordenhadas. Essa rotina levanta a questão: se vacas de baixa dominância se adaptam a uma situação em que precisam competir por um lugar na fila de espera da ordenha com vacas de alta dominância (Svennersten-Sjaunja e Pettersson, 2008). Estudos sobre estresse proporcionado pelo AMS apresentam divergências. Enquanto alguns demonstraram que o AMS promove o bem-estar da vaca, pois proporciona uma frequência de ordenha mais natural e as vacas se tornam muito mais calmas devido à menor intervenção humana no manejo dos animais (Reinemann, 1999; Tranel *et al.*, 2012; Walker *et al.*, 2015), outros demonstraram que vacas apresentaram um aumento no nível de estresse mensurado pela variabilidade

da taxa de batimento cardíaco. Contudo, esse mesmo nível de estresse não foi observado durante a ordenha quando medido pelo nível de cortisol (Hagen *et al.*, 2005; Gyga *et al.*, 2006).

## 5. Viabilidade econômica da adoção do sistema de ordenha automático

Em avaliação realizada por Walker *et al.* (2014) no Canadá, o custo médio de aquisição por vaca de uma unidade nova do AMS é de US\$ 4.846,09, ao passo que esse valor é de US\$ 1.706,16 para um sistema novo de ordenha convencional, uma diferença de 184%. O custo médio de manutenção por vaca do AMS é de US\$ 93,12, enquanto esse valor é de US\$ 49,40 para o sistema de ordenha convencional; uma diferença de 89%. O custo médio de consumíveis químicos por vaca do AMS é de US\$ 64,99, enquanto que esse valor é de US\$ 48,03 para o sistema de ordenha convencional; uma diferença de 35%. Os autores reportaram que considerações em relação ao custo da mão de obra são questões fundamentais para a tomada de decisão entre adquirir um sistema de ordenha convencional ou um automático. O número médio de vacas ordenhadas por hora trabalhada do AMS é de 138,4, enquanto esse valor é de 38,2 para o sistema de ordenha convencional. uma diferença de 262%. O tempo médio para se ordenhar uma vaca no AMS é de 0,62 minutos, ao passo que esse valor é de 1,72 minutos para o sistema de ordenha convencional; uma diferença de -64%. O custo médio da mão de obra relativa à ordenha por vaca/ano em fazendas com AMS é de US\$ 157,00, enquanto esse valor é de US\$ 334,00 no sistema de ordenha convencional; uma diferença de -53%. Existem poucos estudos de viabilidade econômica sobre o uso do sistema de ordenha automático,

mas Heikkila *et al.* (2010) indicaram uma rentabilidade menor de fazendas com AMS comparadas aos sistemas convencionais, principalmente nos anos logo após a sua adoção. O custo de aquisição de um robô difere entre fabricantes e modelo, com preços variando entre US\$ 175.000,00 e US\$250.000,00 por uma unidade básica (Hyde e Engel, 2002; Holloway *et al.*, 2014). Além do investimento no robô em si, normalmente se faz necessária a adaptação ou construção de novas estruturas para acomodar os equipamentos, podendo o investimento total ultrapassar facilmente US\$ 500.000,00.

Os custos de manutenção desses equipamentos também variam entre fabricantes, modelos e perfil de manutenção de cada fazenda, mas estima-se um custo mensal entre US\$ 400,00 e US\$ 1.200,00. Considerando o mesmo tamanho de rebanho e nível de produção, estima-se que o custo de investimento em uma unidade do AMS seja entre 150% a 260% superior ao de um sistema de ordenha convencional (Reinemann, 1999). No sentido de amortizar esses custos, recomendam-se ações focadas no aumento da produção e no tamanho do rebanho como forma de maximizar os investimentos do AMS (Heikkila *et al.*, 2010; Schewe e Stuart, 2015).

Schewe e Stuart (2015) estudaram o impacto financeiro na adoção do AMS, e encontraram diferenças significativas entre países e entre fazendas. Os autores argumentam que as implicações da adoção do AMS não são vivenciadas de forma uniforme pelos produtores, e que as variações na adoção e uso do AMS apresentam variações nos resultados obtidos. Os benefícios econômicos advindos da adoção do AMS variaram em função das

*No Brasil a adoção dos sistemas automáticos de ordenha é recente, porém crescente, e demandará mão de obra qualificada e a realização de pesquisas que comprovem a viabilidade de uso em condições brasileiras.*

fontes e custos de financiamento, capacidade de endividamento e preço do leite pago ao produtor. Dessa forma, para cada propriedade se faz necessária uma análise econômica detalhada das condições de mercado para a melhor tomada de decisão.

## 6. Considerações finais

A automação do processo de ordenha é uma tendência mundial e uma resposta aos aumentos do custo, à escassez de mão de obra rural e à necessidade de melhoria da qualidade de vida e da rotina de trabalho na fazenda leiteira. Os equipamentos disponíveis no mercado geram informações que permitem o entendimento da variabilidade individual dos animais, contribuindo para a aplicação dos conceitos de pecuária de precisão. No Brasil a adoção dos sistemas automáticos de ordenha é recente, porém crescente, e demandará mão de obra qualificada e a realização de pesquisas que comprovem a viabilidade de uso em condições brasileiras.

## 7. Referências bibliográficas

1. AHRNE, L.; BJORK, L. Lipolysis and the distribution of lipase activity in bovine milk in relation to stage of lactation and time of milking. *J. Dairy Res.*, v.52, p.55-64, 1985.
2. AUTOR, D. H. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, v.29, p.3-30, 2015.
3. BACH, A.; BUSTO, I. Effects on milk yield of robotic milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. *J. Dairy Res.* v.72, p.101-106, 2005.
4. BIJL, R.; KOOISTRA, S. R.; HOGVEEN, H. The profitability of automatic milking on Dutch dairy farms. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.239-248, 2007.
5. BILLON, P.; TOURNAIRE, F. Impact of automatic mi-

- lking systems on milk quality and farm management: The French experience. In: PROC. INT. SYMP. 1STN. AM. CONF. ROBOTIC MILKING, 2002, Toronto, Ontario, Canada. Wageningen, the Netherlands:Wageningen Pers, 2002, p.59–63.
6. BISAGLIA, C.; BELLE, Z.; VAN DEN BERG, G.; POMPE, J. C. A. M. Automatic vs. conventional feeding systems in robotic milking dairy farms: A survey in the Netherlands. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 2012, Valencia, Madrid, Spain:Federacion de Gremios de Editores de Espana, 2012, p.1–6.
  7. BLOSS, R. Robot innovation brings to agriculture efficiency, safety, labor savings and accuracy by plowing, milking, harvesting, crop tending/picking and monitoring. *Industrial Robot: An International Journal*, v.41 (6), p.493–499, 2014.
  8. BORCHERS, M. R.; BEWLEY, J. M. An assessment of producer precision dairy farming technology use, pre-purchase considerations, and usefulness. *J. Dairy Sci*, v.98, p.4198–4205, 2015.
  9. BUTLER, D.; HOLLOWAY, L.; BEAR, C. The impact of technological change in dairy farming: robotic milking systems and the changing role of the stockperson. *Royal Agricultural Society of England*, v.173, p.1–6, 2012.
  10. CASTRO, Á.; PEREIRA, J. M.; AMIAMA, C.; BUENO, J. Typologies of dairy farms with automatic milking system in northwest Spain and farmers' satisfaction. *Ital J Anim Sci*, v.14, p.207-219, 2015.
  11. DE KONING, K. Automatic milking: common practice on over 10,000 dairy farms worldwide. In: PROCEEDINGS OF THE DAIRY RESEARCH FOUNDATION: CURRENT TOPICS IN DAIRY PRODUCTION. Conference Proceedings, Camden, Australia, 2011, p.14–31.
  12. DE KONING, K. Present and future. Innovations to improve milk harvesting. INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION, Brussels, Belgium, 2004.
  13. DE KONING, K.; RODENBURG, J. Automatic Milking: State of the art in Europe and North America. In: PROC. AUTOMATIC MILKING – A BETTER UNDERSTANDING. Lelystad, the Netherlands. Wageningen, the Netherlands:Wageningen Acad. Publ., p.27–37, 2004.
  14. DE KONING, K.; SLAGHUIS, B.; VAN DER VORST, Y. Robotic milking and milk quality: Effects on bacterial counts, somatic cell counts, freezing points and free fatty acids. *Ital. J. Anim. Sci.*, v.2, p.291–299, 2003.
  15. DIJKHUIZEN, A. A.; HUIRNE, R. B. M.; HARSH, S. B.; GARDNER, R. W. Economics of robot application. *Computers Electronics Agric*, v.17, p.111–121, 1997.
  16. EDMONDSON, P. Mastitis control in robotic milking systems. *Farm animal practice*, v.34, p. 260-268, 2012.
  17. FORSBERG, A.-M.; PETERSSON, G.; WIKTORSSON, H. Comparison between free and forced cow traffic in an automatic milking system. In: NJF REPORT 337. TECHNOLOGY FOR MILKING AND HOUSING OF DAIRY COWS. Hamar, Norway. Wageningen, the Netherlands:Wageningen Pers, p.131–135, 2002.
  18. GARCIA, E.; KLAAS, I.; AMIGO, J. M.; BRO, R.; ENEVOLDSEN, C. Lameness detection challenges in automated milking systems addressed with partial least squares discriminant analysis. *J. Dairy Sci*, v.97, p.7476–7486, 2014.
  19. GILLESPIE, J.; NEHRING, R.; SITIENEL, I. The adoption of technologies, management practices, and production systems in U.S. milk production. *Agricultural and Food Economics*, p.2-17, 2014.
  20. GYGAX, L.; NEUFFER, I.; KAUFMANN, C.; HAUSER, R.; WECHSLER, B. Milk cortisol concentration in automatic milking systems compared with auto-tandem milking parlors. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.3447–3454, 2006.
  21. HAAN, M.; STUART, D.; SCHEWE, B. Challenges and benefits of adopting robotic milking on Michigan dairy farms. Disponível em: <<https://www.msu.edu/~mdr/vol17no3/challenges.html>>. Acesso em 15 de setembro de 2015.
  22. HAGEN, K.; LANGBEIN, J.; SCHMIED, C.; LEXER, D.; WAIBLINGER, S. Heart rate variability in dairy cows – Influences of breed and milking system. *Physiol. Behav.*, v.85, p.195–204, 2005.
  23. HEIKKILA, A. M.; VANNINEN, L.; MANNINEN, E. Economics of small-scale dairy farms having robotic milking. Disponível em: <<http://www.precisiondairy.com/proceedings/s3heikkila.pdf>>. Acesso em 15 de setembro de 2015.
  24. HILLERTON J. E.; DEARING J.; DALE, J.; POELARENDIS, J. J.; NEIJENHUIS, F.; SAMPIMON, O. C.; MILTENBURG, J. D. H. M.; FOSSING, C. Impact of automatic milking on animal health. In: AUTOMATIC MILKING – A BETTER UNDERSTANDING. Wageningen, the Netherlands. Wageningen, the Netherlands :Wageningen Academic Publishers, p.125-134, 2004.
  25. HOGEVEEN, H.; HEEMSKERK, K.; MATHIJS, E. Motivations of dutch farmers to invest in an automatic milking system or a conventional milking parlour. In: AUTOMATIC MILKING; A BETTER UNDERSTANDING. Wageningen, the Netherlands. Wageningen, the Netherlands :Wageningen Academic Publishers, p. 56-61, 2004.
  26. HOGEVEEN, H.; VAN DER VORST, Y.; DE KONING, C.; SLAGHUIS, B. Concepts and implications of automatic milking. In: PROCEEDINGS OF THE 25E SYMPOSIUMSUR LES BOVINS LAITIERS, Quebec, Canada. Quebec, Canada:CRAAQ, p.104-120, 2001. Disponível em: <[http://www.agrireseau.qc.ca/bovins-laitiers/Documents/2001\\_Hogeveen\\_anglais.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/bovins-laitiers/Documents/2001_Hogeveen_anglais.pdf)>. Acesso em 15 de setembro de 2015.
  27. HOLLOWAY, L.; BEAR, C.; WILKINSON, K. Recapturing bovine life: Robot-cow relationships, freedom and control in dairy farming. *Journal of Rural Studies*, v.33, p.131-140, 2014.
  28. HYDE, J.; ENGEL, P. Investing in a Robotic Milking

- System: A Monte Carlo Simulation Analysis. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2207–2214, 2002.
29. IPEMA, A. H.; SCHULLING, E. Free fatty acids; influence of milking frequency. In: PROC. PROSPECTS FOR AUTOMATIC MILKING. Wageningen, the Netherlands, p.491–496, 1992.
  30. JACOBS, J. A.; SIEGFORD, J. M. Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. *J. Dairy Sci.*, v.95, p.1575–1584, 2012.
  31. JUSTESEN, P.; RASMUSSEN, M. D. Improvements of milk quality by the Danish AMS self monitoring programme. In: PROC. INT. SYMP. ROBOTIC MILKING, Lelystad, the Netherlands. Wageningen, the Netherlands:Wagenin Pers, p.83–88, 2000.
  32. 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. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.427–436, 1997.
  33. KLUNGEL, G. H.; SLAGHUIS, B. A.; HOGVEEN, H. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1998–2003, 2000.
  34. KRUIP, T. A. M.; MORICE, H.; ROBERT, M.; OUWELTJES, W. Robotic milking and its effect on fertility and cell counts. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2576–2581, 2002.
  35. MAGNUSSON, M. *Bacillus cereus* in the housing environment of dairy cows. *Contamination routes, effect of teat-cleaning, and measures to improve hygiene in the cubicles and alleys*. 2007. Tese (Doutorado). Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden.
  36. MATHIJS, E. Socio-economic aspects of automatic milking. In: PROC. INT. SYMP. AUTOMATIC MILKING – A BETTER UNDERSTANDING. Wageningen, the Netherlands. Wageningen, the Netherlands :Wageningen Academic Publishers, p.46–55, 2004.
  37. OSTERMAN, S.; BERTILSSON, J. Extended calving interval in combination with milking two or three times per day: Effects on milk production and milk composition. *Livest. Prod. Sci.*, v.82, p.139–149, 2003.
  38. PERSSONWALLER, K.; WESTERMARK, T.; EKMAN, T.; SVENNERSTEN-SJAUNJA, K. Milk leakage – An increased risk in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.3488–3497, 2003.
  39. PETTERSSON, G.; BERGLUND, I.; HUSFLOEN, A.; TUKIAINEN, R.; SVENNERSTEN-SJAUNJA, K. Effects of temporal technical stoppages in an AMS on bulk milk SCC and number of positive bacterial tests on udder quarter level. In: NJF REPORT 337. TECHNOLOGY FOR MILKING AND HOUSING OF DAIRY COWS. Hamar, Norway. Wageningen, the Netherlands:Wageningen Pers, p.43–45, 2002.
  40. 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 system. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v.57, p.23–33, 1998.
  41. RASMUSSEN, M. D.; BJERRING, M.; JUSTESEN, P.; JEPSEN, L. Milk quality on Danish farms with automatic milking systems. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2869–2878, 2002.
  42. RASMUSSEN, M. D.; BLOM, J. Y.; NIELSEN, L. A. H.; JUSTESEN, P. Udder health of cows milked automatically. *Livest. Prod. Sci.*, v.72, p.147–156, 2001.
  43. RASMUSSEN, M. D.; FRIMER, E.; HORVATH, Z.; JENSEN, N. E. Comparison of a standard and variable milking routine. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.3472–3480, 1990.
  44. REINEMANN, D. J. Prospects for robotic milking in Wisconsin. University of Wisconsin Extension, 1999. Disponível em: <[http://www.uwex.edu/uwmrl/pdf/RoboticMilking/99\\_Dairy\\_Days\\_Robots.pdf](http://www.uwex.edu/uwmrl/pdf/RoboticMilking/99_Dairy_Days_Robots.pdf)>. Acesso em 15 de setembro de 2015.
  45. REINEMANN, D. J. Robotic milking: Current situation. In: NATIONAL MASTITIS COUNCIL ANNUAL PROCEEDINGS, 2008. Disponível em: <[http://www.uwex.edu/uwmrl/pdf/RoboticMilking/RoboticMilking/2008\\_NMC\\_Robotic\\_Milking\\_Situation.pdf](http://www.uwex.edu/uwmrl/pdf/RoboticMilking/RoboticMilking/2008_NMC_Robotic_Milking_Situation.pdf)>. Acesso em 15 de Setembro de 2015.
  46. RODENBURG, J. Success factors for automatic milking. In: PRECISION DAIRY CONFERENCE, 2013. Rochester, Minnesota.
  47. RUSSELL, R. A.; BEWLEY, J. M. Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behavior. *J. Dairy Sci.*, v.96, p.4751–4758, 2013.
  48. SAMUELSSON, B.; WAHLBERG, E.; SVENNERSTEN, K. The effect of feeding during milking on milk production and milk flow. *Swed. J. Agric. Res.*, v.23, p.101–106, 1993.
  49. SAPRU, A.; BARBANO, D. M.; YUN, J. J.; KLEI, L. R.; OLTENACU, P. A.; BANDLER, D. K. Cheddar cheese: Influence of milking frequency and stage of lactation on composition and yield. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.437–446, 1997.
  50. SARIKAYA, H.; BRUCKMAIER, R. M. Importance of the samples milk fraction for the prediction of total quarter somatic cell count. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.4246–4250, 2006.
  51. SARIKAYA, H.; BRUCKMAIER, R. M. Importance of the samples milk fraction for the prediction of total quarter somatic cell count. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.4246–4250, 2006.
  52. SCHEWE, R. L.; STUART, D. Diversity in agricultural technology adoption: How are automatic milking systems used and to what end?. *Agric Hum Values*, v.32, p.199–213, 2015.
  53. SCOTI, V. E.; KERRISK, K. L.; THOMSON, P. C.; LYONS, N. A.; GARCIA, S. C. Voluntary cow traffic and behaviour in the premilking yard of a pasture-based automatic milking system with a feed supplementation regime. *Livestock Science*, v.171, p.52–63, 2015.
  54. SPERONI, M.; PIRLO, G.; LOLL, S. Effect of automatic milking systems on milk yield in a hot environment. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.4687–4693, 2006.
  55. STEENEVELD, W.; HOGVEEN, H. Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. *J. Dairy Sci.*, v.98, p.709–717, 2015.
  56. STEENEVELD, W.; VERNOOIJ, J. C. M.; HOGVEEN, H. Effect of sensor systems for cow management on milk

- production, somatic cell count, and reproduction. *J. Dairy Sci.*, v.98, p.3896–3905, 2015.
57. STEENEVELD, W.; VERNOOIJ, J. C. M.; HOGEEVEN, H. Effect of sensor systems for cow management on milk production, somatic cell count, and reproduction. *J. Dairy Sci.*, v.98, p.3896–3905, 2015.
  58. SVENNERSTEN, K.; GOREWIT, R.; SJAUNJA, L.-O.; UVNA S-MOBERG, K. Feeding during milking enhances milking related oxytocin secretion and milk production in dairy cows whereas food deprivation decreases it. *Acta Physiol. Scand.*, v.153, p.309–310, 1995.
  59. SVENNERSTEN-SJAUNJA, K. M.; PETERSSON, G. Pros and cons of automatic milking in Europe. *J. Anim. Sci.*, v.86 (1), p.37–46, 2008.
  60. SVENNERSTEN-SJAUNJA, K. M.; PETERSSON, G. Pros and cons of automatic milking in Europe. *J. Anim. Sci.*, v.86 (13), p.37–46, 2008.
  61. SVENNERSTEN-SJAUNJA, K.; BERGLUND, I.; PETERSSON, G. The milking process in an automated milking system, evaluation of milk yield, teat condition and udder health. In: PROC. ROBOTIC MILKING PROC. INT. SYMP., Lelystad, the Netherlands. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Pers, p.277–287, 2000.
  62. TRANEL, L.; BENTLEY, J. SCHULTE, K. Making Successful Decisions on Robotic Milking Technology. In: Animal Industry Report, Iowa, EUA, 2012. Disponível em: <[http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1755&context=ans\\_air](http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1755&context=ans_air)>. Acesso em 15 de setembro de 2015.
  63. TUCKEY, S. L.; STADHOUDERS, J. Increase in sensitivity of organoleptic detection of lipolysis in cows milk by culturing or direct acidification. *Neth. Milk Dairy J.*, v.21, p.158–162, 1967.
  64. WAGNER-STORCH, A. M.; PALMER, R. W. Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.1494–1502, 2003.
  65. WALKER, J.; WADDY, F.; PERRY, R.; MACGILLIVRAY, L.; ROBERTS, D.; CHRISTIE, J.; WALKER, D.; ANDERSON, D.; MACDONALD, B. New Brunswick Dairy Milking System Comparison Guide. New Brunswick, Canada, 2014. Disponível em: <<http://www.milk2020.ca/en/dwn/GUIDEENG.pdf>>. Acesso em 15 de setembro de 2015.
  66. WAUTERS, E.; MATHIJS, E. Socio-economic implications of automatic milking on dairy farms. European Union, 2004. Disponível em: <[https://www.academia.edu/3017560/The\\_economic\\_implications\\_of\\_automatic\\_milking\\_a\\_simulation\\_analysis\\_for\\_Belgium\\_Denmark\\_Germany\\_and\\_the\\_Netherlands](https://www.academia.edu/3017560/The_economic_implications_of_automatic_milking_a_simulation_analysis_for_Belgium_Denmark_Germany_and_the_Netherlands)>. Acesso em 15 de setembro de 2015.
  67. WIKING, L.; BJORK, L.; NIELSEN, J. H. Influence of feed composition on stability of fat globules during pumping of raw milk. *Int. Dairy J.*, v.13, p.797–803, 2003.
  68. WIKING, L.; NIELSEN, J. H.; BAVIUS, A.-K.; EDVARDSSON, A.; SVENNERSTEN-SJAUNJA, K. Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in the milk, fat globule size, and fatty acid composition. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.1004–1009, 2006.
  69. YAGI, Y.; SHIONO, H.; CHIKAYAMA, Y.; OHUNUMA, A.; NAKAMURA, I.; YAYOU, K.-I. Transport stress increases somatic cell counts in milk, and enhances the migration capacity of peripheral blood neutrophils of dairy cows. *J. Vet. Med. Sci.*, v.66, p.381–387, 2004.
  70. ZECCONI, A.; PICCINI, R.; CASIRANI, G.; BINDA, E.; MIGLIORATI, L. Effects of automatic milking system on teat tissues, intramammary infections and somatic cell count. *Ital. J. Anim. Sci.*, v.2, p.275–282, 2003.