



FLOR ÁNGELA NIÑO RODRIGUEZ

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE
ORDENHABILIDADE E COMPORTAMENTO DE VACAS
ORDENHADAS EM SISTEMAS ROBOTIZADOS**

LAVRAS-MG

2020

FLOR ÁGELA NIÑO RODRIGUEZ

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE ORDENHABILIDADE E
COMPORTAMENTO DE VACAS ORDENHADAS EM SISTEMAS ROBOTIZADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes - DMV/UFLA
Orientador

Prof. Dr. André Luis Ribeiro Lima - DAE/UFLA
Coorientador

Dr. André Luiz Monteiro Novo - EMBRAPA
Coorientador

**LAVRAS-MG
2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da
Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Rodriguez, Flor Ángela Niño.

Avaliação de características de ordenabilidade e
comportamento de vacas ordenhadas em sistemas robotizados /
Flor Ángela Niño Rodriguez. - 2020.

108 p. : il.

Orientador(a): Marcos Aurélio Lopes.

Coorientador (a): André Luis Ribeiro Lima, André Luiz
Monteiro Novo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Sistemas de ordenha robotizados. 2. Comportamento. 3.
Eficiência de ordenha. I. Lopes, Marcos Aurélio. II. Ribeiro Lima,
André Luis. III. Monteiro Novo, André Luiz. IV. Título.

FLOR ÁNGELA NIÑO RODRIGUEZ

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE ORDENHABILIDADE E
COMPORTAMENTO DE VACAS ORDENHADAS EM SISTEMAS ROBOTIZADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 21 de outubro de 2020.

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes - UFLA

Prof. Dr. Gercílio Alves de Almeida Júnior – UFES

Prof. Dr. Matteo Barbari – UNIFI, Itália

Pesq. Dr. André Luiz Monteiro Novo - EMBRAPA

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes - DMV/UFLA
Orientador

Prof. Dr. André Luis Ribeiro Lima - DAE/UFLA
Coorientador

Dr. André Luiz Monteiro Novo - EMBRAPA
Coorientador

LAVRAS-MG

2020

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente om meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

Ao professor Marcos Aurélio Lopes, meu orientador, um paizão que tive a sorte de ganhar de presente ao chegar em Lavras, que me deu todo apoio necessário e embarcou comigo em uma pesquisa que me fazia feliz. Muito obrigada pela acolhida, pelo direcionamento e pela paciência ao longo da minha orientação.

A meus pais, Rosa Maria e Guillermo, por seu amor incondicional e ser meu exemplo a seguir. Amo vocês.

A minha irmã Johanna e meu irmão Guillermo, que me apoiaram financeiramente e emocionalmente. Agradeço por sempre se orgulharem e se interessarem por minha vida acadêmica. Amo vocês.

A todos os meus parentes e amigos que contribuíram acreditando em mim e se sentindo felizes com minha felicidade.

Aos Professores Dr. André Lima e Dr. André Novo, pela coorientação, apoio e conselhos no decorrer deste projeto.

Aos membros da banca, Professores Gercílio de Almeida, Matteo Barbari e Dr. André Novo, pela disposição para contribuir com esse estudo.

Aos grandes amigos e colaboradores de DeLaval Brasil, Andréa Maia, Sérgio Brito, Guilherme Correa e Roberto Junior, que não mediram esforços para os meus treinamentos. Sem a sua ajuda esse trabalho não teria sido possível, agradeço a confiança e anuência ao longo desse processo. Construimos isso, juntos.

Aos amigos que fiz durante o mestrado, Leandro Carvalho Bassotto e Joana Resende Paglis Brunoro. Graças a eles, as dificuldades ficaram mais leves.

A meus amigos "Latinos", Jesus, Monica, Yonny e Germán, obrigada de todo coração pela ajuda, companhia e carinho.

Aos Professores da UFLA, por todos os ensinamentos transmitidos, por todos os conselhos profissionais e pessoais e estímulos ao longo de todo o trabalho.

A Universidade Federal de Lavras, assim como ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias (PRPGCV/UFLA), pela oportunidade de realização do Mestrado.

Aos proprietários dos rebanhos leiteiros, por compartilharem os dados para o estudo.

RESUMO

Objetivou-se analisar algumas características de ordenhabilidade e comportamentais de vacas leiteiras em sistemas de ordenha robotizada com tráfego guiado do tipo *feed first* e *milk first* de diferentes grupos genéticos e ordens de parto, bem como analisar as correlações entre essas características. Foram utilizados dados referentes ao período de setembro de 2019 a março de 2020, de dois rebanhos leiteiros localizados no estado de Minas Gerais. Foram analisadas as características de ordenhabilidade: fluxo do leite (FL), tempo no *box* (TB) e eficiência na ordenha (EO); bem como as características de comportamento: *handling time* (HT), ordenhas incompletas (OIN) e coices (COI). Além delas, foram analisados outros dados obtidos no robô ordenhador, como tempo de ordenha (TO), frequência de ordenhas (FO) e intervalo de ordenhas (IO). Foram comparadas as médias dessas em relação a grupo genético e ordem de parto. Utilizou-se a análise de variância ANOVA, com análises de diferenças univariadas pelo teste *T*; e para comparações multivariadas, usou-se o teste Tukey. No rebanho que utiliza o sistema *feed first*, as multíparas nos dois grupos genéticos mostraram características mais favoráveis comparadas com as primíparas (FL, TB, EO, HT, $P < 0,01$); exceto nas mestiças, no que se refere a COI, OIN e FO. As OIN foram associadas a maior redução na produção de leite em 16% nas vacas da raça *Holstein* e 17,8% nas mestiças ($P < 0,01$). Os COI diminuíram a produção de leite por ordenha em 3,5% nas vacas da raça *Holstein*, enquanto que nas mestiças eles não afetaram a produção de leite. As vacas mestiças, assim como as vacas multíparas, mostraram características de ordenhabilidade e de comportamento mais favoráveis. No rebanho que utiliza o sistema *milk first*, as características de ordenhabilidade FL e EO foram mais favoráveis para as multíparas, enquanto TB foi mais favorável nas primíparas. Os valores das características de comportamento HT foram melhores nas primíparas. As vacas primíparas apresentaram maiores quantidades de COI e, as multíparas, maiores de OIN. As OIN que foram associadas a maior redução na produção de leite em 26,6% nas vacas primíparas e 26,7% nas multíparas. Os COI diminuíram a produção de leite por ordenha em 3,2% nas vacas primíparas, enquanto que nas multíparas diminuíram 2,0%. Quanto às correlações, considerando os dados conjuntos dos dois rebanhos, elas foram negativas moderadas entre FL e TB; EO e HT; bem como TB e EO; e positiva e alta entre FL e EO. Correlações positivas e altas foram encontradas entre TB e HT; positiva e moderada entre EO e PL; e correlação positiva baixa entre HT e OIN. Não houve correlação entre a frequência de ordenha (FO) com COI e OIN.

Palavras-chave: automação; bovinocultura leiteira; eficiência de ordenha; sistema de ordenha automático; temperamento; zootecnia de precisão.

ABSTRACT

The objective was to analyze some milkability and behavior traits of dairy cows in robotic milking systems with guided traffic like feed first and milk first from different genetic groups and calving orders, as well as analyzing the correlations between these traits. The data for the period from September 2019 to March 2020, from two commercial dairy herds located in the State of Minas Gerais. Daily records of milkability traits as average flow rate (FR), box time (BT) and milking efficiency (ME); as well as behavior traits: handling time (HT), incomplete milkings (IM) and kick-offs (KO). In addition to these variables, other data obtained from the milking system were analyzed, such as milking time (MT), frequency (MF) and milking interval (MI). The averages of these in relation to genetic group and calving orders were compared. ANOVA analysis of variance was used, with analysis of univariate differences by the T test; and for multivariate comparisons, the Tukey test was used. In the herd using the feed first system, the multiparous cows in the two genetic groups showed more favorable characteristics compared with the primiparous cows (FR, BT, ME, HT, $P < 0.01$); except for Holstein x Jersey crossbred, with regard to KO, IM and MF. The IM showed a greater relationship in terms of reduced milk production by 16% in Holstein breed cows and 17,8% in Holstein x Jersey crossbred cows ($P < 0.01$). KO reduced milk production by milking by 3.5% in Holstein cows, whereas in Holstein x Jersey crossbred cows they did not affect milk production. Holstein x Jersey crossbred cows, as well as multiparous cows, showed more favorable milkability and behavior traits. The values of HT behavior traits were better in primiparous cows. Primiparous cows had higher amounts of KO and multiparous cows, higher IM. The IM showed a greater relationship in terms of reduced milk production by 26.6% in primiparous cows and 26.7% in multiparous cows. KO decreased milk production by milking in 3.2% in primiparous cows, while in multiparous cows it decreased 2.0%. As for the correlations, considering the combined data from the two herds, they were moderate negatives between FR and BT; ME and HT; as well as BT and ME; and positive and high between FR and ME. Positive and high correlations were found between BT and HT; positive and moderate between ME and milk yield (MY); and low positive correlation between HT and KO. There was no correlation between milking frequency (MF) with KO and IM.

Key words: automation; automatic milking system; behavior; dairy farming; milking efficiency; precision livestock farming;

LISTA DE ABREVIATURAS

AMS	<i>Automatic milking system</i> (Sistema automático de ordenha)
COI	Quantidade de coices
CV	Coefficiente de variação
DEL	Dias em lactação
DP	Desvio padrão
EO	Eficiência na ordenha
FL	Fluxo do leite
FML	Taxa de fluxo médio do leite
FO	Frequência de ordenhas
FPL	Taxa do pico de fluxo de leite
HT	<i>Handling time</i>
IO	Intervalo de ordenhas
MAX	Máximo
MG	Minas Gerais
MIN	Mínimo
OIN	Quantidade de ordenhas incompletas
OP	Ordem de parto
PL	Produção de leite
TB	Tempo no <i>box</i>
TO	Tempo de ordenha
VAR	Variância
VMS	<i>Voluntary milking system</i> (Sistema voluntário de ordenha)

LISTA DE QUADROS

PRIMEIRA PARTE

Quadro 1 - Integrantes da equipe do projeto de pesquisa.....	40
--	----

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Tabela 1 - Características descritivas do conjunto de dados obtidos em rebanho comercial com diferentes grupos genéticos e ordens de parto, ordenhado em sistema automático de ordenha (AMS) com tráfego guiado do tipo feed first, no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba - MG.....	54
Tabela 2 - Efeito do grupo genético sobre algumas características de vacas ordenhadas por sistema automático (AMS) com tráfego guiado do tipo feed first, em rebanho comercial, no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba - MG.....	57
Tabela 3 Efeito do grupo genético sobre características de comportamento de vacas ordenhadas em sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo feed first, em um rebanho comercial no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba - MG	59
Tabela 4 - Efeito da ordem de parto sobre características de vacas da raça Holstein ordenhadas por sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo feed first, em rebanho comercial no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba - MG.....	62
Tabela 5 - Efeito da ordem de parto sobre características de vacas mestiças Holstein x Jersey, ordenhadas por sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo feed first, em rebanho comercial no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba - MG	63

ARTIGO 2

Tabela 1- Efeito da ordem de parto sobre características de vacas ordenhadas por sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo milk first, em rebanho comercial no centro-oeste de Minas Gerais.....	79
Tabela 2 - Efeito da ordem de parto sobre características de comportamento de vacas leiteiras ordenhadas em sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo milk first, em rebanho comercial no centro-oeste de Minas Gerais.....	82

ARTIGO 3

Tabela 1- Características descritivas dos conjuntos de dados obtidos em dois rebanhos comerciais com diferentes grupos genéticos e ordens de parto, que adotam sistemas automáticos de ordenha (AMS) com tráfego guiado, localizadas no estado de Minas Gerais.....	99
Tabela 2 - Correlações entre algumas características de vacas leiteiras, com diferentes grupos genéticos e ordens de parto, ordenhadas por sistemas automáticos (AMS), com tráfego guiado, em dois rebanhos comerciais localizadas no Estado de Minas Gerais	101

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	14
1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS GERAIS	15
3	JUSTIFICATIVA	15
4	REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1	Breve histórico e funcionamento do robô de ordenha	16
4.1.1	Sistemas de tráfego de vacas	18
4.2	Características de ordenhabilidade em sistemas robotizados	19
4.2.1	Tempo no <i>box</i> de ordenha	21
4.2.2	Eficiência na ordenha	23
4.2.3	Taxa de fluxo do leite	24
4.2.4	Frequência e intervalo de ordenhas	27
4.3	Caraterísticas comportamentais das vacas no <i>box</i>	29
4.3.1	<i>Handling time</i> na ordenha	30
4.3.2	Ordenhas incompletas	31
4.3.3	Coices	32
5	METODOLOGIA	33
5.1	Origens dos dados	33
5.1.1	Rebanho do tipo <i>feed first</i>	34
5.1.2	Rebanho do tipo <i>milk first</i>	34
5.2	Descrições do conjunto de dados	35
5.3.	Edições de dados	35
5.3.1	Rebanho do tipo <i>feed first</i>	36
5.3.2	Rebanho do tipo <i>milk first</i>	36
5.4	Definições das características de ordenhabilidade e comportamentais	37
5.4.1	Caraterísticas de ordenhabilidade	37
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
7	EQUIPE MULTIDISCIPLINAR	40

REFERÊNCIAS	41
SEGUNDA PARTE	48
ARTIGO 1.....	48
ARTIGO 2.....	71
ARTIGO 3.....	92

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional nas últimas décadas tem impulsionado o avanço tecnológico na agroindústria, onde a utilização das tecnologias, segundo Lopes (1997), visam o aumento da produtividade, bem como facilitar a vida dos pecuaristas. Um exemplo de tecnologia é o sistema de ordenha robotizado, também conhecido como AMS (*Automatic Milking System*) ou VMS (*Voluntary Milking System*) que é uma das inovações bem-sucedidas no desenvolvimento da bovinocultura leiteira, automatizando atividades complicadas e repetitivas da ordenha. Sua utilização oferece outra opção de produzir leite. Segundo Salfer et al. (2019), existem aproximadamente 35.000 unidades robóticas no mundo. A maioria está na América do Norte e Europa (UTSUMI; INSUA, 2019).

Da mesma forma, pecuaristas brasileiros, desde 2012, estão investindo na robotização de salas de ordenha. Segundo Motta (2011), a robotização é consequência da falta de mão de obra qualificada e do aumento dos salários, decorrente do crescente êxodo da população rural em procura de oportunidades em centros urbanos.

No entanto, investir em equipamentos onerosos não garante maior eficiência na produção de leite, quando o potencial genético dos animais não se ajusta ao ambiente propiciado pelo AMS. Há que se considerar ainda, que grandes quantidades de registros emitidos pelo AMS, de acordo com King e Devries (2018) podem sobrecarregar os produtores. Assim, surge a questão de como fazer o melhor uso desses dados para realizar a seleção de vacas adequadas para o equipamento.

Em sistemas de ordenha robotizados, é possível selecionar vacas com melhores condições de desempenho na ordenha, pois eles fornecem dados de várias características de ordenhabilidade e comportamento. A ordenhabilidade é definida como a avaliação do rendimento durante a ordenha e inclui as características de taxa de fluxo do leite e tempo no *box* (GÄDE et al., 2006) e eficiência na ordenha (VOSMAN et al., 2018). Características

comportamentais de interesse incluem *Handling time*¹ na ordenha, ordenhas incompletas e coices (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Por ser a ordenha robotizada, uma tecnologia inovadora e promissora no Brasil, é necessário conhecer a fundo a sua utilização e impacto no manejo das atividades leiteiras. As características produtivas sugerem a necessidade de estudos que avaliem com maior precisão o processo seletivo dos animais. Para isso, seria mais proveitoso conhecer, pelo menos, alguns dos parâmetros de rendimento e as necessidades em diferentes ordens de parto e etapas de produção.

2 OBJETIVOS GERAIS

- a) Analisar algumas características de ordenhabilidade e comportamentais de vacas leiteiras em sistemas de ordenha voluntária com tráfego guiado do tipo *feed first* e *milk first*, de dois rebanhos comerciais localizados no estado de Minas Gerais.
- b) Analisar as correlações entre algumas características de ordenhabilidade e de comportamento das vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos e ordens de parto, ordenhadas em sistemas de ordenha robotizados.

3 JUSTIFICATIVA

Em nível mundial existem vários estudos que avaliam o desempenho das vacas em sistemas AMS, utilizando dados de características de ordenhabilidade e comportamento em diferentes grupos genéticos e ordens de parto, gerados pelo equipamento de ordenha (CARLSTRÖM et al., 2016; SANTOS et al., 2018; SIEWERT; SALFER; ENDRES, 2019; WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Contudo, não existem resultados de pesquisas no Brasil correlacionando estes parâmetros com o melhor desempenho na ordenha. Portanto, é necessário o desenvolvimento de um estudo sobre esse assunto, considerando a presença de animais mestiços *Holstein* x *Jersey* em rebanhos brasileiros. De acordo com Paiva et al. (2015), pode-se incrementar os conhecimentos em condições brasileiras para auxiliar técnicos e produtores na tomada de decisões para seleção de vacas mais eficientes e saudáveis em um sistema de ordenha voluntário. Por conseguinte, segundo SANTOS et al. (2018), os dados

¹ *Handling time* (HT): inclui o tempo desde a entrada da vaca no *box* de ordenha até o início da ordenha (tempo para detecção do teto, lavagem, estimulação e pré-ordenha) + o tempo após a ordenha até que o portão de entrada seja aberto para permitir a entrada da próxima vaca. (CARLSTRÖM et al., 2016); *Handling time* (HT): tempo no AMS antes e depois da ordenha, em minutos (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

gerados pelo AMS permitem fazer uma seleção objetiva das vacas mais velozes na prática de ordenha e com maiores quantidades de leite produzido, comparado com a avaliação subjetiva realizada pelo produtor ou técnico.

Indicadores de ordenhabilidade, como tempo de ordenha e fluxo de leite, são economicamente importantes porque determinam a capacidade da eficiência do AMS (VOSMAN et al., 2018). Por outro lado, conhecer as características inerentes ao animal, como a produtividade e temperamento, permite adequar ações na gestão do rebanho, que é refletido na produção de leite (SANTOS et al., 2018), melhorando a rentabilidade e o maior retorno do investimento de um equipamento de alto custo (CASTRO et al., 2012).

Portanto, esta pesquisa contribuirá com informações para cientistas interessados em estudar os fatores relacionados à vaca e sua influência no sucesso do AMS. Adicionalmente, permitirá confrontar dados locais com estudos já disponibilizados na literatura, principalmente na América do Norte e Europa.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Visando melhor compressão deste capítulo, optou-se por dividi-lo nos seguintes tópicos: breve histórico e funcionamento do robô de ordenha; características de ordenhabilidade em sistemas de ordenha robotizados; e características de comportamento das vacas no *box* de ordenha.

4.1 Breve histórico e funcionamento do robô de ordenha

O robô foi desenvolvido nos anos 1980 na Alemanha, na Universidade de Hohenheim, pelo professor e engenheiro agrônomo especializado em pecuária leiteira, Karl Rabold, com objetivo de substituir as condições críticas de mão-de-obra (FRANCO; LOPES, 2014). Desde 1992, os robôs estiveram disponíveis no mercado da Holanda, sendo uma alternativa para a ordenha convencional, assim como para o aumento no valor de mão de obra na Europa (PENRY et al., 2018a).

Progressivamente, a tecnologia tornou-se acessível, devido ao aumento da produtividade e modernização da ordenha, com a substituição da ordenha manual pela mecânica, e atualmente com uso da automação (QURESHI et al., 2017). Segundo Lopes et al. (2019), os sistemas de ordenha robotizados são reconhecidos pelos benefícios no aumento na produtividade e qualidade do leite, diminuição da mão de obra, melhoria na qualidade de vida do produtor, maior e melhor gestão do rebanho e bem-estar animal.

Desde a primeira instalação em 1980, tornou-se popular em todo o mundo e agora existem aproximadamente 35.000 unidades de AMS individuais operando (SALFER et al., 2019). Esta tecnologia foi introduzida no Brasil em 2012, em uma fazenda leiteira localizada no município de Castro / PR (LOPES et al., 2019). São encontradas oito empresas ao redor do mundo que produzem diferentes modelos de robôs ordenadores, tais como: *GEA Farm Technologies, Lely, Milkomax, Galaxy, DeLaval, SAC Milking, System Happel e Boumatic Robotic* (ROBOTICSBIZ, 2020).

Os robôs são compostos por sistemas mecânicos elétricos, além de hardware e software eletrônicos (MESHRAM; ADIL; RANVIR, 2018). O funcionamento do AMS compreende processos operacionais, incluindo o sistema de contenção, processo de detecção de tetos, braço robótico para colocação das teteiras, sistema de limpeza de tetos, sistema de sensores e *software* próprio do equipamento de ordenha.

De acordo com Lopes et al. (2019) e Maculan e Lopes (2016), a vaca por iniciativa própria, desde a área de descanso ou área de alimentação, dirige-se ao portão de permissão para a estação de ordenha, que dispõe de um leitor de comunicação por radiofrequência que lê o dispositivo eletrônico de identificação presente no animal. Dependendo das configurações do tempo de permissão de ordenha, um portão eletrônico autoriza ou impede o acesso à sala de espera. Se a vaca foi rejeitada pelo portão, ela se dirige para a área de descanso ou área de alimentação; caso contrário, a vaca que ingressa na sala de espera pode entrar no *box* de ordenha e imediatamente será contida.

Ao entrar no *box*, o leitor identifica a vaca e a cabine ajusta-se automaticamente ao tamanho da vaca, fornecendo a quantidade certa de ração conforme as estatísticas de produtividade. O braço robótico identifica a posição dos tetos, através de uma câmera ótica associada com laser (CÓRDOVA et al., 2018).

Antes da ordenha, é realizada a limpeza de cada teto, usando uma teteira automática de limpeza que simultaneamente, estimula a ejeção de leite. Em seguida, realiza-se o acoplamento individual (FRANCO; LOPES, 2014). Em medidor independente para cada quarto são registradas informações da qualidade e quantidade do leite. Quando se detecta anormalidades, o leite é separado automaticamente do tanque principal (PAIVA et al., 2015).

De acordo com Maculan e Lopes (2016) e Paiva et al. (2015), finalizada a ordenha, o desacoplamento das teteiras é dependente do monitoramento do fluxo de leite individualmente

por quarto. Após a retirada da teteira, o braço robótico aplica o *spray* com produto desinfetante. A vaca é então liberada para a área de alimentação ou descanso. Toda a informação de medidas de tempo, duração e qualidade da ordenha é visualizada de modo automático na tela de monitoramento inserida na estação de ordenha, conjuntamente no software, instalado em um microcomputador no escritório, bem como em dispositivos móveis. Depois de cada ordenha, é iniciado o processo de limpeza automático das teteiras para receber a próxima vaca.

4.1.1 Sistemas de tráfego de vacas

De acordo com Forsberg (2008), o termo tráfego de vacas se refere à maneira como as vacas podem se mover no galpão para realizar atividades diárias como alimentação, deitar e se ordenhar. No princípio, nos rebanhos leiteiros com uso de AMS, foram utilizados os sistemas de tráfego de vacas livre, forçada e seletivo com portões de seleção. Porém, mais tarde, os sistemas de tráfego guiado *Feed First* e *Milk First* são a combinação de tráfego livre e seletivo. De acordo com Simões Filho et al. (2020), em geral, existem três tipos de tráfego: Sistema de fluxo livre (*free flow*), sistema de fluxo guiado com ordenha primeiro (*milk first*) e sistema de fluxo guiado com alimentação primeiro (*feed first*).

Sistema de fluxo livre (*Free Flow*)

De acordo com Simões Filho et al. (2020), em sistemas de fluxo livre as vacas não são guiadas de alguma forma, elas se movimentam livre pelo galpão com acesso autônomo ao AMS, pista de alimentação e à área de descanso. As vacas são incentivadas a visitar o AMS sendo oferecidos concentrados. Segundo Melin et al. (2007), este sistema permite maior bem-estar aos animais e maior consumo da quantidade de matéria seca comparado com um sistema de tráfego guiado. Thune (2000) afirmou que as vacas tendem a formar menos filas para o ingresso ao AMS, ficam menos tempo em pé e tem menor efeito na dominância social das vacas. No entanto, Tremblay et al. (2016) afirmaram que, em tráfego de fluxo livre, elas podem ter menos visitas ao AMS; no entanto, exige mão de obra adicional diária, na busca das vacas que não visitam a estação de ordenha a tempo.

Sistema de fluxo guiado tipo *Milk first*

De acordo com Simões Filho et al. (2020) e Maculan e Lopes (2016), no sistema *Milk First*, o portão de seleção é posicionado na frente do AMS e as vacas têm que atravessar o portão para chegar à área de alimentação. O portão de seleção direciona as vacas para o AMS

ou área de alimentação, dependendo se elas têm permissão de ordenha ou não. Se a vaca tiver permissão para ser ordenhada, ela é direcionada a área de espera em frente ao AMS. Caso contrário, se não tiver permissão de ordenha, será direcionada diretamente para a área de alimentação. Na área de alimentação, as vacas têm livre acesso à área de descanso por portões em sentido único.

Segundo Paiva et al. (2015), neste sistema, as vacas demoram mais tempo em pé na área de espera, consequência de longas filas para acessar ao AMS, impactando a frequência de ordenhas e pode contribuir com doenças relacionadas ao casco.

Sistema de fluxo guiado tipo *feed first*

De acordo com Simões Filho et al. (2020) e Lopes et al. (2019), o sistema de *Feed first* possui o mesmo *layout* do sistema *Milk first*, exceto que a área de descanso é controlada ao invés da área de alimentação. As vacas obrigatoriamente devem passar pelo robô primeiro para conseguirem acessar a pista de alimentação e depois retornarem à área de cama. No entanto, para chegar à área de descanso, um portão direciona as vacas para o AMS ou área de descanso, dependendo da permissão de ordenha. Se ela tem permissão será direcionada para a sala de espera; se não tiver, será direcionada de volta para a área de descanso.

De acordo com Paiva et al. (2015), neste sistema, reduz-se quantidade de ordenhas involuntárias, os intervalos de ordenha são mais regulares e poucas vacas com intervalos longos de ordenha. No entanto, segundo Thune (2000), as vacas podem permanecer mais tempo na área de alimentação, e podem hesitar atravessar os portões de seleção.

4.2 Características de ordenhabilidade em sistemas robotizados

A ordenhabilidade é definida como o conjunto de características leiteiras, sendo as mais comuns a taxa de fluxo do leite médio e máximo (TFL) e o tempo no *box* (TB) (GÄDE et al., 2006). Adicionalmente, Vosman (2018) e Wethal e Heringstad (2019), indicaram que a eficiência na ordenha (EO), a qual é mensurada em quilogramas total de leite produzido no tempo total de permanência no *box*, é uma variável de igual importância à fluxo médio e máximo e tempo no *box*. A ordenhabilidade pertence ao grupo de características funcionais e econômicas em gado leiteiro, do mesmo modo que fertilidade, saúde, facilidade de parto e eficiência na transformação de alimentos (GROEN et al., 1996).

Os sistemas de ordenha robotizada são equipados com sensores capazes de capturar e armazenar mais facilmente dados em grande quantidade. Pela variação da ordenhabilidade, de

um dia para outro, se torna necessário considerar outras características que influenciam a taxa de fluxo devido ao seu efeito na pressão do úbere, incluindo o intervalo de ordenha, frequência das ordenhas (GYGAX et al., 2007) e tempo no *box* (CARLSTRÖM et al., 2014).

Menor tempo na ordenha e maior fluxo do leite significa redução no tempo de trabalho, importante componente dos custos totais de produção do leite (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2014). A redução no tempo total de ordenha aumenta a capacidade de uso do robô; porém, a eficiência na ordenha é subjetiva e um pouco vaga, dado que o tempo de ordenha torna-se dependente da facilidade do manejo das vacas na ordenha (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011).

Os horizontes de pesquisa mais recentes em aspectos de seleção genética das vacas para o uso de sistemas de ordenha robotizados utilizam as informações fornecidas pelo AMS como uma ferramenta capaz de identificar parâmetros de ordenhabilidade (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011), saúde (CARLSTRÖM et al., 2014) e comportamento (SANTOS et al., 2018). Assim, os registros no AMS podem ser efetivamente usados para selecionar animais a fim de otimizar simultaneamente o uso do robô (CARLSTRÖM et al., 2013).

Carlström et al. (2013; 2014; 2016) avaliaram a viabilidade de usar dados medidos objetivamente para estimar parâmetros de ordenhabilidade em rebanhos comerciais com AMS. Eles verificaram que as herdabilidades foram baixas (0,21 a 0,44, e de 0,37 a 0,48 do tempo no *box* e fluxo do leite, respectivamente), enquanto que a repetibilidade dos dados geralmente é alta para a mesma característica, especialmente para o fluxo de leite (0,85 a 0,88) e um pouco menor para o tempo no *box* (0,69 a 0,89), considerando que as altas repetitividades fazem desnecessário coletar muitas observações por animal para obter informações precisas sobre cada vaca.

Carlström et al. (2013) conduziram um trabalho, na Suécia, analisando 560.977 observações de ordenha de 7.263 vacas das raças *Swedish Red* e *Swedish Holstein*. A variação nas características de ordenhabilidade foi grande, os coeficientes de variação foram semelhantes de 28 a 31% na *Swedish Holstein* e de 27 a 30% para *Swedish Red*, mas em geral as diferenças entre lactações foram maiores na *Swedish Holstein* do que para *Swedish Red*. Nas duas raças, as características de fluxo médio e máximo, tempo no *box*, tempo de ordenha e

intervalo de ordenhas aumentaram da primeira para a última lactação, enquanto a frequência de ordenhas diminuiu.

De acordo com Wethal e Heringstad (2019), analisando dados de 77 rebanhos que possuíam 4 milhões de observações de 4.883 vacas da raça *Norwegian Red*, existem correlações genéticas favoráveis e intermediárias a fortes entre tempo no *box*, fluxo médio e máximo, coices (COI) e *Handling time* na ordenha (HT), com valores absolutos acima de 0,50, e com repetibilidade variando entre 0,13 a 0,86. Por conseguinte, para melhorar a eficiência no uso do robô, é necessário selecionar animais com número reduzido de ordenhas malsucedidas (menos coices), taxa de fluxo do leite mais rápida, maior eficiência na ordenha e, menores *Handling time* e tempo no *box*.

4.2.1 Tempo no *box* de ordenha

Definido como o tempo de ocupação da vaca na unidade de ordenha, é considerado a melhor medida de ordenhabilidade para vacas em AMS e a característica provavelmente mais importante que reflete a eficiência econômica de uso do AMS (CARLSTRÖM et al., 2014). O tempo no *box* pode ser visto como uma receita e um limite na disponibilidade do robô. Porém, a vaca leiteira eficiente no AMS é aquela que fornece mais leite por minuto no *box* de ordenha (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011).

Em estudos realizados por Carlström et al. (2013; 2016), o tempo no *box* foi dividido em dois períodos: o tempo real na ordenha e o *Handling time*. O tempo na ordenha foi definido como a razão entre a produção do leite (kg) e a taxa de fluxo médio (kg/min) para cada quarto do úbere; e o *Handling time* é a diferença entre o tempo no *box* e tempo de ordenha.

Vários estudos relatam herdabilidade baixa para tempo no *box* por dia desde 0,27 (GÄDE et al., 2006), 0,30 (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011), de 0,21 até 0,24 em vacas *Swedish Holstein* (CARLSTRÖM et al., 2013) e 0,38 a 0,44 em vacas *Swedish Red* (WETHAL; HERINGSTAD, 2019) e com repetibilidade entre 0,69-0,89 para ambas as raças (CARLSTRÖM et al., 2013). Essa característica está ligada diretamente a capacidade do robô, porque um curto tempo no *box* melhora o trânsito dos animais através dele (HERINGSTAD; KJØREN BUGTEN, 2014).

O tempo total no *box* foi estimado em 6,84 minutos (GYGAX et al., 2007), 6,3 (ANDRÉ et al., 2010), 7,4 (CASTRO et al. (2012), 7,2 e 7,8 (CARLSTRÖM et al., 2013), 6,84 (TREMBLAY et al., 2016) e de 7,46 minutos (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

De acordo com Tremblay et al. (2016), o aumento no tempo no *box* e frequência de ordenhas está associado ao aumento na produção do leite; mas raramente aumentam simultaneamente. Eles relataram um tempo médio de 6,84 min/ordenha em 2,91 ordenhas/vaca e 50,5 vacas/robô ou 147 ordenhas/dia. Se a ordenha mais rápida reduzisse um minuto/ordenha, o tempo de *box* diminuiria a 5,84 min/ordenha, e os 147 minutos poupados poderiam ordenhar 8,65 vacas a mais sem diminuir o tempo ocioso ou de inatividade do robô ou a frequência das ordenhas.

A quantidade de vacas por robô depende da velocidade média de ordenha das vacas de cada rebanho em particular. Tremblay et al. (2016) observaram que ao aumentar até 75 vacas/robô, o tempo no *box* e frequência de ordenhas diminuíram abaixo de 6,1 minutos e 2,4 ordenhas vaca/dia, respectivamente, e a produção de leite estava menos de 24 kg/dia; porém, podem se agrupar vacas com altas velocidades de ordenha, que demoram menos tempo no *box* ou exigem menos ordenhas durante o dia.

Considerando o efeito da produção de leite, o tempo no *box* têm fatores ligados ao estágio da lactação e ordem de parto. Córdova et al. (2018), ao avaliarem 390 vacas *Holsteins*, no Brasil, em confinamento *freestall*, verificaram que o valor de estatísticas descritivas de tempo no *box* seguiu com a curva da produção do leite e diminuiu durante a lactação de 7,31, 7,7 e 6,2 minutos no estágio inicial, ao pico da produção e no final da lactação, respectivamente. Em relação ao efeito da ordem de partos sobre o tempo no *box*, Carlström et al.(2013) e Santos et al. (2018) não encontraram diferenças significativas ($P > 0,05$) para esta característica, atribuindo a falta de diferença à variação individual dos animais nas diferentes fazendas.

Jacobs, Ananyeva e Siegford (2012) sugeriram que as vacas por ter uma estrutura hierárquica do rebanho, as interações sociais negativas na sala de espera do AMS podem reduzir a motivação de visitas. De acordo com Santos et al. (2018), as vacas dominantes passam menos tempo na sala de espera e possuem maior frequência de ordenhas que vacas submissas com intervalos de ordenha mais longos.

O comportamento do animal e a conformação da úbere são outros fatores que afetam o tempo no *box*. A apresentação de maior quantidade de coices e deformações do úbere, que resultam em desacoplamento ou falhas na fixação das teteiras, impedem que as vacas abandonem o robô após a ordenha (HERINGSTAD; KJØREN BUGTEN, 2014).

Correlações positivas (0,31 a 0,53) foram encontradas em vacas Norueguesas Vermelhas, onde a maior quantidade de falhas na fixação das teteiras e ordenhas incompletas, aumenta o *Handling time* na ordenha (WETHAL; HERINGSTAD, 2019), tal como o tempo no *box* (CARLSTRÖM et al., 2013) e são consideradas características importantes para a avaliação da eficiência de uso do robô (CARLSTRÖM et al., 2016).

4.2.2 Eficiência na ordenha

A eficiência na ordenha (EO) refere-se à quantidade em quilogramas de leite por minuto produzido por uma vaca no tempo total no *box* (VOSMAN et al., 2018). Assim, uma vaca leiteira eficiente no AMS é aquela que fornece mais leite por minuto no *box* de ordenha (BAKKE E HERINGSTAD, 2015).

O parâmetro tem sido pouco investigado, mas estudos relatam herdabilidade baixa desde 0,22 e 0,29 em mais de 6.000 vacas *Swedish Red*, e dois milhões de registros de ordenhas (HERINGSTAD; KJØREN BUGTEN, 2014; WETHAL; HERINGSTAD, 2019); e em 20 mil vacas com 87,5% de sangue Holandês com 85 milhões de dados foram encontradas herdabilidade de 0,33 e 0,29 (VOSMAN et al., 2018).

A média geral, em um estudo em 46 rebanhos, na Noruega, com mais de 1,6 milhões de dados, com 4.835 vacas, foi de 1,5 kg de leite por minuto na *box* de ordenha, e 95% estavam dentro do intervalo de 0,7 – 3,3 kg/min. Foi estimada correlação genética de 0,53, com o fluxo de leite/velocidade de ordenha e eficiência na ordenha (HERINGSTAD; KJØREN BUGTEN, 2014). Wethal e Heringstad (2019) consideraram variabilidades da eficiência na ordenha, pelo efeito da produção de leite, estágio da lactação e ordem de partos. Observaram baixa eficiência ao início da lactação, aumento em direção ao pico de produção e diminuição à medida que decrescia a produção de leite no final da lactação. No estudo, a média diária da eficiência na ordenha foi de 1,48 kg/min, variando dentro da curva da lactação e entre ordem de partos, uma diferença de 0,3 kg/min entre o primeiro e último estágio da lactação. Vacas primíparas apresentam um pico de produção na eficiência da ordenha (1,35

kg/min) em torno dos 140 dias em lactação, enquanto ao pico da produção (1,65 kg/min), ocorrido em vacas multíparas, foi entre os 40 e 50 dias.

Além do fator genético, a eficiência na ordenha está influenciada pela produção de leite, estágio da lactação e ordem de parto. De acordo com Wethal e Heringstad (2019), a EO ao início da lactação é baixa, mas aumenta simultaneamente com a curva de lactação, indicando uma média diária de 1,48 kg/min, e uma diferença de 0,3 kg/min entre o primeiro e último estágio da lactação. Ao observar separadamente a eficiência na ordenha para vacas primíparas e multíparas no pico da lactação, foi menor o rendimento nas primíparas com 1,35 kg/min, comparado com as multíparas, que foi de 1,65 kg/min. Esta diferença observada foi influenciada pela quantidade de coices, que foram maiores para as vacas primíparas. Além disso, a eficiência na ordenha possui uma correlação positiva (0,53) com a taxa de fluxo do leite. Da mesma forma, (HERINGSTAD; KJØREN BUGTEN, 2014) encontraram uma correlação moderada positiva (0,53) entre o taxa de fluxo do leite e eficiência na ordenha, com uma eficiência média de 1,5 kg de leite por minuto no *box*.

4.2.3 Taxa de fluxo do leite

A taxa de fluxo do leite (TFL) é a variável que determina o tempo na ordenha, considerando-se como o volume de leite que atravessa o esfíncter do teto em um tempo determinado (BYLUND, 2003) e que vai depender da tensão, como por exemplo, um aumento no fluxo pode ser devido a pouca resistência de um esfíncter debilitado (GÄDE et al., 2006).

A ordenha controlada por fluxo no AMS depende da anatomia e a fisiologia de cada teto para a extração do leite, já que o vácuo do sistema permanece constante durante a ordenha (MÜLLER et al., 2011). Desta maneira, é possível configurar o equipamento para se desacoplar individualmente de cada teto, quando a redução do fluxo de leite atinge ao programado (NEIJENHUIS et al., 2000).

Fisiologicamente, a ejeção do leite ocorre por estímulos neurológicos gerados pela ação de sons, visualização ou preparação do úbere antes da ordenha. O estímulo é levado ao eixo hipotálamo-hipofisário que libera o hormônio ocitocina e, atua nas células mioepiteliais da glândula mamária, contraindo os alvéolos para a ejeção do leite (GOREWIT et al., 1983). A adequada estimulação dos tetos na pré-ordenha resulta em maiores picos de fluxo de leite e redução do tempo efetivo de ordenha (SANDRUCCI et al., 2007). Estes fluxos de leite são intermitentes, os quais são denominados bifásicos e que caracterizam a irregularidade da

extração do leite (BRUCKMAIER; BLUM, 1998). Assim, Hogeveen et al. (2001a) encontraram que a maior frequência de fluxos durante a ordenha estão nas faixas de 2 e 3,5 kg/min.

Caraterísticas anatômicas do gado leiteiro diferem para todas as raças, de forma que a morfologia da úbere favorece o desempenho de determinadas raças (NORMAN et al., 1988). Assim, Porcionato et al. (2010) observaram que o maior comprimento do canal dos tetos (25 mm), conferiu um fluxo mais lento (1,05 L/min), comparado com tetos de menor comprimento (22,31 mm), resultando num fluxo rápido (2,27 L/min). Porém, tetos de menor comprimento são mais propensos a riscos de mastite (TANČIN; IPEMA; HOGWERF, 2007); quando o comprimento do canal aumenta, a probabilidade de infecção diminui (GRINDAL; WALTON; HILLERTON, 1991).

Fatores fisiológicos como estágio da lactação e ordem de parto variam o padrão de fluxo e produção do leite (MAYER; BRUCKMAIER; SCHAMS, 1991). De acordo com Bruckmaier e Blum (1998), quando a produção de leite é baixa, como no final da lactação ou intervalos de ordenha são curtos, a ejeção de leite é tardia. O início da ejeção está em função do grau de enchimento úbere (MAYER; BRUCKMAIER; SCHAMS, 1991). Assim, quanto menos alvéolos estejam cheios, maior contração das células mioepiteliais será necessária para transporte do leite pelos ductos da cisterna (BRUCKMAIER; HILGER, 2001).

Vosman et al. (2018) mediram o fluxo de leite de 20 mil vacas com 87,5% de sangue Holandês encontrando uma velocidade de ordenha média de 2,27 kg/minuto/úbere e 0,8 kg/minuto/quarto. De acordo com Sandrucci et al. (2007), ao compararem a taxa de fluxo do leite com a ordem de parto, as vacas multíparas apresentaram maior produção de leite (14,9 kg/ordenha) e, conseqüentemente, aumento na taxa de fluxo do leite (2,47 kg/min), comparado com as vacas primíparas (13,5 kg/ordenha e 2,38 kg/min).

Igualmente, no trabalho de Wethal e Heringstad (2019), em vacas *Swedish Red*, a média de taxa de fluxo do leite variou dentro dos dias de lactação e entre ordem de parto, indicando que as vacas da primeira lactação apresentaram menor taxa de fluxo do leite (aproximadamente 3 kg/min) em comparação com lactações subsequentes, em que a curva de lactação foi mais estável e com uma taxa de fluxo do leite superior (aproximadamente 3,5 kg/min).

Em relação à curva da lactação, o fluxo de leite aumenta e decresce de acordo com o volume de produção e com o intervalo de ordenhas. Assim, Córdova et al. (2018) observaram que os valores de fluxo no início da lactação eram de 1,89 kg/min e no final de 2,16 kg/min. Relataram que o fluxo de leite aumenta principalmente a partir do pico da produção de leite e diminuiu com menor frequência de ordenhas. Longos intervalos de ordenha aumentam a produção e fluxo de leite, independentemente da capacidade produtiva das vacas, pois intervalos curtos de ordenha apresentam menor fluxo (HOGEVEEN et al., 2001).

O aumento da taxa de fluxo do leite reduz o tempo na ordenha (PENRY et al., 2018b), em função ao intervalo de ordenhas mais longo. Portanto, intervalos de 12 e 20 horas atingem fluxos de 1,2 kg/min e 1,5 kg/min, respectivamente (HOGEVEEN et al., 2001). Assim, um menor tempo de ordenha e um fluxo maior melhora o desempenho de uso do robô (CARDOZO, 2017).

Carlström et al. (2013) estimaram o tempo real de ordenha no *box*, como o tempo em minutos desde o início da ordenha até o desacoplamento automático da última teteira. Este período é calculado como a razão da produção de leite (kg) e a taxa de fluxo do leite (kg /min) por cada quarto do úbere, sendo a melhor medida para calcular corretamente o *Handling time* no *box* de ordenha (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Alguns estudos relatam tempos definidos de ordenha no AMS em médias de 5 minutos (HOGEVEEN et al., 2001), 5,7 (GÄDE et al., 2006) e, 4,6 e 5,2 (CARLSTRÖM et al., 2013). No último estudo, identificaram que as vacas primíparas das raças *Holstein* e *Swedish Red* demoraram entre 4,58 e 4,83 minutos, respectivamente, sendo esse tempo menor ao ser comparado com as múltiparas em faixas 4,97 e 5,19 minutos, respectivamente.

Entretanto, a taxa de fluxo do leite também é um ponto de atenção importante na saúde do úbere, pois as taxas de fluxo do leite mais altas estão associadas à baixa tensão do esfíncter, o que leva a um maior tempo de exposição do canal do teto, aumentando a probabilidade de infecção intramamária (GRINDAL; HILLERTON, 1991). A partir de estudos genéticos, foi demonstrada uma correlação genética moderada (0,29 e 0,57) entre as medidas de velocidade de ordenha (taxa de fluxo do leite, *Handling time* e tempo no *box*) com o aumento na contagem de células somáticas no leite (CARLSTRÖM et al., 2016). De igual forma, foram encontradas correlações positivas (0,88) para velocidade de ordenha e problemas de vazamento de leite pelo teto (BAKKE; HERINGSTAD, 2015).

Por outro lado, a permanência prolongada das teteiras com um vácuo acima de 42 kPa, baixa taxa de fluxo do leite e alta produção de leite, associadas a uma prolongada duração e frequência de ordenhas, pode ocasionar uma hiperqueratose no esfíncter dos tetos (CÓRDOVA et al., 2018; MEIN; WILLIAMS; REINEMANN, 2003). Por conseguinte, para obter melhor eficiência no AMS e boas condições de saúde das vacas, é preciso identificar a velocidade de ordenha desejável, ao invés de buscar o máximo de velocidade de ordenha (SIEWERT; SALFER; ENDRES, 2018).

4.2.4 Frequência e intervalo de ordenhas

A produção diária total do leite é um fator importante na eficiência de uso do robô (CASTRO et al., 2012; SIEWERT; SALFER; ENDRES, 2018). Para tornar-se rentável o AMS, deve-se maximizar a frequência de ordenhas diárias (BACH; CABRERA, 2017), e isso depende da vaca visitar voluntariamente o *box* de ordenha, tornando-se fundamental o conforto, saúde e comportamento da vaca (RODENBURG, 2013).

As variações da frequência de ordenhas estão relacionadas aos efeitos da configuração do sistema (DE KONING; VAN DER VORST, 2002), sistema de tráfego das vacas (SIEWERT; SALFER; ENDRES, 2019), dimensões do curral e tamanho do grupo (TREMBLAY et al., 2016), alimentação (BACH; CABRERA, 2017; HALACHMI, 2009), distúrbios de saúde (KING et al., 2018) e quantidade de unidades de AMS (SIEWERT; SALFER; ENDRES, 2018). As frequências de ordenha também são influenciadas pela fase de lactação e nível de produção entre animais e de maneira individual (HOGENBOOM et al., 2019; SANTOS et al., 2018).

De acordo com estudos genéticos, o intervalo e frequência de ordenhas demonstram ser duas características de baixa herdabilidade (0,17) para vacas *Holsteins* (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011) e 0,09-0,26 em *Holsteins* e *Swedish Red* (CARLSTRÖM et al., 2014). Mesmo que estas medidas sejam de baixa herdabilidade, devem ser consideradas, já que podem influenciar sobre algumas características importantes para a eficiência na ordenha (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

O aumento na frequência das ordenhas pode ter efeitos divergentes na saúde do úbere. Por um lado, permite o esvaziamento de bactérias, reduzindo o tempo de colonização nos quartos (HOVINEN; PYÖRÄLÄ, 2011). Por outro, aumenta as oportunidades de invasão de

bactérias durante a ordenha, e maior tempo de permanência aberta dos canais dos tetos pós-ordenha, que favorece a colonização de patógenos ambientais, além de ter menos tempo na recuperação dos tetos (PETZER et al., 2016). Adicionalmente, maior frequência de ordenhas associada com maior duração na ordenha pode aumentar a apresentação de escore de hiperqueratose nos esfíncteres dos tetos (CARDOZO, 2017).

Pelo contrário, diminuição na frequência das ordenhas ou intervalos longos de ordenhas leva à distensão do úbere forçando ao vazamento do leite pelo canal do teto, o que prejudica o conforto e locomoção da vaca (HALE; CAPUCO; ERDMAN, 2003). A distensão do úbere leva às seguintes consequências: diminuição do fluxo de sangue na glândula mamária com redução na produção do leite (GUINARD-FLAMENT et al., 2011), resposta inflamatória transitória, por aumento no número de leucócitos e fatores imunológicos e permeabilização das junções estreitas epiteliais, provocando mudanças na composição do leite (LITTLEJOHN et al., 2009).

De acordo com Hogeveen (2001), em sistemas automáticos de ordenha em condições normais para um rebanho, a frequência das ordenhas média está entre 2 a 2,5 ordenhas por dia. Estudos similares, em 18 rebanhos canadenses, mostraram uma frequência de 2,8 ordenhas por dia (DEMING et al., 2013), e em rebanhos europeus as frequências de ordenhas por dia variaram de 2,5 a 3,0, como consequência das diferenças de manejo entre fazendas (DE KONING; VAN DER VORST, 2002; WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Pesquisas indicam que a frequência das ordenhas é influenciada pela correlação da produção leite e estágio da lactação (RODENBURG, 2013). Intervalos de ordenha mais longos são encontrados em estágios de lactação mais avançados. Assim, um estudo realizado no Brasil, com 390 vacas, avaliando a frequência das ordenhas desde o início até o final da lactação, mostrou que o número de ordenhas por dia decresceu na medida em que avança o estágio da lactação (2,64, 2,46 e 2,3 ordenhas/dia) (CÓRDOVA et al., 2018).

Também foram avaliados a ordem de parto com o intervalo e frequência de ordenhas. Os menores intervalos de ordenhas, principalmente no estágio inicial da lactação, foram em vacas primíparas (7,8 horas), comparado com as multíparas (8,7 horas); e maiores frequências de ordenhas nas primíparas (3 visitas/dia), comparado com as multíparas (2,7 visitas/dia) (PENRY et al., 2018a). Contrariamente, Munksgaard (2011) não encontrou diferenças notáveis na frequência das ordenhas entre a ordem de parto. Essa diferença entre os dois

estudos anteriores pode ser atribuída pela quantidade de vacas por unidade do AMS. Assim, para o primeiro estudo, a capacidade em média foi abaixo do recomendado com 35 vacas/robô, enquanto no segundo trabalho foram 58,6 vacas/robô. Outra provável explicação ao aumento no intervalo de ordenhas das vacas primíparas comparado com múltíparas, é feita por Jacobs, Ananyeva e Siegford (2012), sugerindo que a estrutura hierárquica das vacas e suas interações sociais negativas dentro do rebanho reduzem a motivação de visitas feitas pelas vacas primíparas. De igual maneira, Santos et al. (2018) afirmaram que as vacas dominantes passam menos tempo na sala de espera e possuem maior frequência de ordenhas com intervalos mais curtos comparado com as vacas submissas.

A importância de aumentar a frequência das ordenhas ao início da lactação está relacionada a um aumento no pico de produção de leite e da persistência da curva de lactação, devido ao aumento na proliferação das células secretoras do leite no úbere (HALE; CAPUCO; ERDMAN, 2003). De acordo com Svennersten-Sjaunja e Pettersson (2008), maior frequência de ordenhas nas vacas adultas aumentou a produção do leite em torno de 13% e nas primíparas em 17% nas lactações subsequentes. Nesse sentido, deve ser importante planejar estratégias de agrupamento, assim como formas de ensino para aumentar a quantidade de visitas das vacas primíparas no estágio inicial da lactação (SIEWERT; SALFER; ENDRES, 2019). Por outro lado, Bach e Busto (2005) consideraram que frequências de ordenhas irregulares apresentam redução na produção de leite, principalmente em vacas múltíparas. Os autores relataram que as vacas múltíparas, ao possuir maior capacidade de armazenamento do leite no compartimento alveolar comparado com as primíparas, são mais propensas a sofrer distensão do úbere.

4.3 Características comportamentais das vacas no *box*

Outros indicadores importantes além das características de ordenhabilidade referem-se ao comportamento das vacas durante a ordenha como resposta à manipulação durante o processo (CARDOZO et al., 2017). Das características importantes incluem-se *Handling time* na ordenha (HT), ordenhas incompletas (OIN) e coices (COI) (CARLSTRÖM et al., 2016; WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Em cinco estudos de AMS, as características do comportamento mostraram ser de baixa herdabilidade em uma faixa de 0,05 a 0,36 e com correlações positivas, as quais coincidem com avaliações de temperamento realizadas pelos produtores (BAKKE; HERINGSTAD,

2015), (CARLSTRÖM et al., 2016), (STEPHANSEN; FOGH; NORBERG, 2018), (SANTOS et al., 2018) e (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

4.3.1 *Handling time* na ordenha

O *Handling time* na ordenha é calculado, em minutos, como a diferença entre o tempo no *box* e o tempo de ordenha (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2014). Este período inclui todas as ações desde o momento em que a vaca entra no *box* até que a ordenha começa. Estas ações são: tempo de detecção de tetos, lavagem, estimulação, pré-ordenha e o tempo que demora em sair a vaca do *box* (CARLSTRÖM et al., 2013). Fatores como temperamento e conformação do úbere estão associados ao *Handling time* na ordenha (CARLSTRÖM et al., 2016; STEPHANSEN; FOGH; NORBERG, 2018).

Wethal e Heringstad (2019), estudando 77 rebanhos de vacas *Swedish Red*, observaram variação na média de *Handling time* na ordenha em relação à curva de lactação, com 3,9 minutos ao início e 3,3 minutos ao final da lactação. Em relação à ordem de parto, houve semelhança para o *Handling time* na ordenha (3,14 min) entre vacas primíparas e múltíparas. Outro aspecto importante do *Handling time* na ordenha está correlacionado com taxa de fluxo do leite, sendo esta correlação negativa (-0,59), ou seja, redução no *Handling time* na ordenha aumenta a taxa de fluxo do leite.

Em estudo realizado em 19 rebanhos de vacas *Holstein* e *Swedish Red*, não observaram-se diferenças no *Handling time* na ordenha para ambas as raças (2,6 minutos) (CARLSTRÖM et al., 2016). Adicionalmente, os autores encontraram que o *Handling time* na ordenha possui forte correlação positiva com o tempo no *box* (0,85) e que vacas mais dóceis apresentaram menor *Handling time* na ordenha, tanto na raça *Holstein* quanto na *Swedish Red* (-0,29 e -0,20, respectivamente). Em contraste, a apresentação de coices e ordenhas incompletas possuem uma correlação positiva com *Handling time* na ordenha (0,56 e 0,89, respectivamente).

De acordo com Hogeveen et al. (2001) e Bach e Busto (2005), as ocorrências de ordenhas incompletas e coices são em resposta ao estresse provocado pelo desconforto e manejo inadequado da vaca, que conseqüentemente estimula a liberação de cortisol, prejudicando a ejeção de leite. Portanto, o esvaziamento incompleto do úbere promove o desenvolvimento de condições patológicas como a mastite (BOBIĆ et al., 2011).

A apresentação de comportamentos indesejáveis durante a ordenha repercute nos parâmetros de ordenhabilidade e deve ser evitada por razões econômicas, dado que reduz a eficiência do uso do AMS (CARLSTRÖM et al., 2014). Rodenburg (2002) encontrou que algumas fazendas no Canadá, com média de 94 vacas por rebanho, apresentavam de 0 a 3 abates/ano, como consequência da falta de adaptação ao AMS, principalmente por problemas de conformação do úbere e do temperamento.

Os coices e ordenhas incompletas são considerados características potenciais de temperamento que interferem no *Handling time* na ordenha. Portanto, as avaliações subjetivas realizadas pelos produtores em relação ao temperamento de vacas indóceis no momento da ordenha coincidem com as avaliações de coices e ordenhas incompletas, tendo uma correlação de 0,54 e 0,27, respectivamente (BAKKE e HERINGSTAD, 2015).

4.3.2 Ordenhas incompletas

O AMS considera como ordenhas incompletas, quando a produção de leite na ordenha atual é inferior a 70% da produção esperada em qualquer quarto do úbere, tendo como referência a média das últimas sete ordenhas (SIEWERT; SALFER; ENDRES, 2019). Mau funcionamento do braço, posicionamento dos tetos incorretos, má conformação do úbere, acúmulo de sujeira nos tetos e intranquilidade da vaca, são causas de uma ordenha incompleta (SVENNERSTEN-SJAUNJA; PETTERSSON, 2008).

De acordo com Carlström et al. (2014), a característica de ordenha incompleta está relacionada aos efeitos associados na morfologia do úbere e tempo no *box*, considerando que leva mais tempo encontrar os tetos em úberes morfologicamente incorretos como úberes rasos, inserção posterior alta, posição de tetos fechados, curtos e finos.

Em relação ao grupo genético, Carlström et al. (2016) encontraram diferenças entre raças para ordenhas incompletas, sendo maiores em vacas *Swedish Red* (5%), comparado com vacas *Holsteins* (4%), indicando que a conformação do úbere e posicionamento dos tetos das vacas *Swedish Red* causava dificuldade para o braço robotizado em fixar as teteiras. Porém, esta característica possui uma herdabilidade baixa (0,06 - 0,12) (CARLSTRÖM et al., 2016; WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Na ordem de parto, a apresentação de falhas na fixação das teteiras, principalmente pela estrutura anormal do úbere, foi associada à maior distância entre tetos dianteiros das vacas velhas (MILLER et al., 1995).

Outro fator predisponente para apresentação de falhas na ordenha é o estágio da lactação, indicando que as falhas aumentam com o avanço nos dias de leite (JACOBS; SIEGFORD, 2012a). Portanto, a consequência de ter maior quantidade de ordenhas incompletas está relacionada a uma diminuição de 26% da produção de leite da ordenha seguinte e, para recuperar o nível da produção de leite anterior, só será possível após sete ordenhas (BACH; BUSTO, 2005).

As vacas primíparas nos primeiros 30 dias de transição entre uma ordenha convencional e uma robotizada apresentaram maior quantidade de coices (15,6) após fixação das teteiras do que as multíparas (13,3) ($P < 0,05$) (JACOBS; SIEGFORD, 2012b).

4.3.3 Coices

Coice (COI) é a característica de temperamento de ordenha mais representativa, a qual é registrada automaticamente no AMS (CARLSTRÖM et al., 2016) e, contabiliza a quantidade de remoções das teteiras de cada quarto durante o tempo de ordenha (JACOBS; ANANYEVA; SIEGFORD, 2012). As remoções dos acopladores podem ser a combinação de fatores como falhas do braço em fixar a teteira no teto ou que a vaca desacople a teteira durante a ordenha (CARLSTRÖM et al., 2014).

O comportamento de pisar e coicear de uma vaca também pode ser usado em estudos de bem-estar animal (PASTELL et al., 2006). A frequência de coice pode ser um indicador de nervosismo, medo e desconforto (ROUSING et al., 2004). Outros comportamentos como coices durante a ordenha, antes e depois da fixação das teteira, vocalização, aumento da incidência de defecação e micção estão relacionados a estresse (JACOBS; SIEGFORD, 2012b; RUSHEN; DE PASSILLE; MUNKSGAARD, 1999). O desconforto pode ocorrer como consequência da diminuição de fluxo de leite e a pressão do sistema de vácuo ao final da ordenha (Cerqueira, 2013).

Vacas inquietas que dão coices no equipamento de ordenha prolongam o tempo no *box*, requerendo tempo extra para o re-acoplamento das teteiras pelo braço robótico (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011). Deste modo, o aumento do tempo no *box* é

considerado uma característica indesejável nas vacas (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Também, foi reportado que o aumento de coices se correlaciona positivamente (0,67) com maior *Handling time* na ordenha, e negativamente com o taxa de fluxo do leite (CÓRDOVA et al., 2018).

Carlström et al (2016) encontraram maiores falhas na fixação das teteiras em vacas *Holsteins* (30%) comparado com vacas *Swedish Red* (23%), e foram encontradas correlações moderadas a altas entre temperamento difícil e aumento de falhas na fixação das teteiras entre as duas raças (0,44 e 0,71, respectivamente). Os resultados para esta característica são de herdabilidade (0,21 - 0,31) e repetibilidade baixa (0,43) (CARLSTRÖM et al., 2016). Portanto, é sugerido que essa característica permite selecionar animais dóceis de uma maneira acurada (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Pesquisas indicam que a apresentação de coices varia com a ordem de parto. Siewert; Salfer e Endres (2019) encontraram 0,067 mais falhas na fixação das teteiras por dia em vacas primíparas comparadas com as multíparas durante os primeiros sete dias de lactação. Porém, essas falhas diminuiram com o avanço no período de lactação (entre 0,003 e 0,039). Uma possível explicação da maior quantidade de falhas na fixação de teteiras durante a ordenha em vacas primíparas é atribuído pelo menor tamanho corporal, deixando mais espaço para se movimentar no *box* de ordenha (JACOBS; SIEGFORD, 2012b). Do mesmo modo, Siewert; Salfer e Endres (2019) indicam que, provavelmente, o melhor comportamento das vacas multíparas foi devido à experiência de serem manejadas no AMS, comparado com vacas primíparas.

A incidência de falhas na fixação das teteiras afeta negativamente a produção de leite. Portanto, a importância de identificar vacas com temperamento desejado simultaneamente melhorará a eficiência no uso do AMS (BACH; BUSTO, 2005; SANTOS et al., 2018).

5 METODOLOGIA

Visando melhor compressão deste capítulo, optou-se por dividir a metodologia nos seguintes tópicos: Origens dos dados, descrições do conjunto de dados, definições das características de ordenhabilidade e comportamento e análises estatísticas.

5.1 Origens dos dados

Foram utilizados dados referentes ao período de setembro de 2019 a março de 2020 (estação chuvosa do ano), de dois rebanhos leiteiros comerciais que utilizam sistemas de

ordenha automática (AMSTM, DeLaval, Tumba, Suécia), com tráfego guiado dos tipos *feed first* e *milk first*, localizados nas regiões do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba e Centro Oeste de Minas Gerais, respectivamente.

5.1.1 Rebanho do tipo *feed first*

Foram utilizadas 86.371 informações de ordenhas diárias de 362 vacas de dois grupos genéticos, sendo 195 da raça *Holstein* e 167 vacas da raça *Holstein* mestiças com Jersey, e de várias ordens de parto, categorizadas como primíparas ou multíparas. A propriedade desenvolve a pecuária leiteira em sistema intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação em galpões do tipo *free stall*.

No sistema *feed first* as vacas possuem acesso à pista de alimentação e, por meio de portões selecionadores e direcionadores, elas são obrigadas a passarem pelo robô, para serem ordenhadas, para, depois, conseguirem retornar à área de cama (SIMÕES FILHO et al., 2020). Quanto às primíparas, durante os primeiros 15 a 20 dias pós-parto, elas são ordenhadas na ordenha convencional três vezes ao dia. Completado esse período, são conduzidas para a sala de espera e guiadas ao robô para serem ordenhadas pela primeira vez no AMS. As primeiras ordenhas foram realizadas com a supervisão de um funcionário que, durante os dias seguintes, deu maior atenção visual para elas; e também, se fosse o caso, em atrasos nos horários de permissão de ordenha, eram buscadas e conduzidas ao AMS.

5.1.2 Rebanho do tipo *milk first*

Foram utilizadas 61.800 informações de ordenhas diárias de 241 vacas da raça *Holstein* com várias ordens de parto (primíparas e multíparas). A propriedade desenvolve a pecuária leiteira em sistema confinado, com alojamento de todas as vacas em lactação em galpões do tipo *compost barn*.

No sistema *milk first*, as vacas obrigatoriamente, por meio de portões selecionadores e direcionadores, devem passar pelo robô primeiro, serem ordenhadas, para depois conseguirem acessar a pista de alimentação e retornarem à área de cama (SIMÕES FILHO et al., 2020). Quanto às primíparas, elas não recebem treinamento no AMS antes do parto, sendo introduzidas ao AMS no primeiro dia pós-parto, quando são conduzidas pelo funcionário para a sala de espera e guiadas ao robô para serem ordenhadas pela primeira vez. As primeiras ordenhas foram realizadas com a supervisão de um funcionário que, durante os dias

seguintes, deu maior atenção visual para elas; e também, se fosse o caso, em atrasos nos horários de permissão de ordenha, eram buscadas e conduzidas ao AMS.

5.2 Descrições do conjunto de dados

Os dados escolhidos para o estudo foram exportados do software em relatórios de tabelas do programa *Microsoft Office Excel*, considerados como dados brutos, onde se realizou a edição e validação da base de dados para posterior análise estatística. Na coleta de dados, de acordo com a metodologia de Carlström et al. (2013), foram usados os relatórios do AMS que continham informações sobre: a) a identificação da vaca: número, dias em lactação (DEL), ordem de parto (OP; 1 e mais de 1 parto) e grupo genético; b) dados da ordenha, como data e hora de entrada (hora de início) e saída (hora de término) de cada visita, tempo de ordenha (minutos), último intervalo de ordenhas (IO; horas) e frequência de ordenhas (FO); c) Informações sobre a produção de leite (PL; kg), taxa de fluxo médio do leite (FML; kg/min) e taxa do pico de fluxo de leite (FPL; kg/min) em cada quarto do úbere; d) problemas durante a ordenha, como quantidade de ordenhas incompletas (OIN), coices (COI) e tetos não encontrados.

5.3. Edições de dados

Na edição de dados, utilizou-se a metodologia adotada por Carlström et al. (2016), sendo excluídos registros de tempo no *box* menores que 1 ou maiores que 20 minutos, *handling time* menores do que 0,3 e maiores que 15 minutos, assim como registros sem observação da produção de leite. Registros claramente inconsistentes com os padrões normais em relação à variação com o intervalo de ordenha, tempo no *box*, produção de leite e taxa de fluxo médio e pico, também foram excluídos, assim como células vazias nestas características. Foram considerados como período de lactação entre 5 até 305 dias após o parto. Para agrupar os dados de produção e velocidade de ordenha foi utilizada a metodologia de Wethal e Heringstad (2019), onde foram considerados todos os registros em que a produção de leite foi ≤ 50 kg, no total por ordenha, e ≤ 13 kg por quarto úbere por ordenha, assim como que o máximo do fluxo médio do leite fosse de 3 kg leite/minuto e o máximo do fluxo pico do leite fosse de 4 kg leite/minuto, em qualquer dos quartos do úbere.

5.3.1 Rebanho do tipo *feed first*

Foram observadas as seguintes perdas de observações pela edição de dados: 16.739 (38%) de observações em intervalo das ordenhas menores do que cinco ou maiores do que 30 horas; 13.215 (30%) de observações que incluíam, na mesma ordenha, um registro de ordenhas incompletas e também um registro de coices; 14.096 (32%) de observações quando se excluiu valores atípicos na produção de leite ≥ 50 kg, no total por ordenha, e ≥ 13 kg por quarto do úbere por ordenha e que tinham fluxos médio do leite maiores do que três, e fluxos pico do leite maiores do que quatro kg leite/minuto por cada quarto do úbere em uma ordenha. No presente estudo, o processo de edição das observações considerou as metodologias de estimativas de valor genético nos estudos de Carlström et al. (2013) e Wethal e Heringstad (2019). Porém, as exclusões de observações não foram devido à qualidade dos dados do AMS.

5.3.2 Rebanho do tipo *milk first*

Foram observadas as seguintes perdas de observações pela edição de dados: 11.625 (33%) de observações em intervalo das ordenhas menores que 5 ou mais que 30 horas; 12.681 (36%) de observações que incluíam na mesma ordenha, um registro de ordenhas incompletas e também um registro de coices; 10.920 (31%) de observações quando se excluiu valores atípicos na produção de leite ≥ 50 kg, no total por ordenha, e ≥ 13 kg por quarto do úbere por ordenha; e que tinham fluxos médio do leite maiores do que três, e fluxos pico do leite maiores do que quatro kg leite/minuto por cada quarto do úbere em uma ordenha.

O processo de edição de dados e exclusões de observações foi realizado com o objetivo de padronizar os dados e permitir comparações com os estudos de Carlström et al. (2016) e Wethal e Heringstad (2019). A edição não reflete a qualidade dos dados do AMS, pois é uma restrição comum feita para estimativas de valor genético, realizadas nas metodologias dos dois anteriores estudos.

O conjunto de registros de ordenhas foi resumido em uma observação por vaca por dia, considerando as características de ordenhabilidade e comportamento como médias diárias de tempo no box, fluxo do leite, eficiência de ordenha, *halding time* e intervalos de ordenha Wethal e Heringstad (2019). A frequência de ordenha, coices e ordenhas incompletas eram somas diárias. Posteriormente foi realizada a análise estatística.

5.4 Definições das características de ordenhabilidade e comportamentais

As características que descrevem a ordenha das vacas serão definidas como médias diárias de fluxo do leite, tempo no *box*, eficiência na ordenha; e o temperamento será descrito pelo *Handling time* na ordenha, ordenhas incompletas e coices.

5.4.1 Características de ordenhabilidade

Foram analisadas as seguintes características de ordenhabilidade, obtidas de registros do AMS:

a) Taxas de fluxo do leite médio e pico: conforme metodologia de Wethal e Heringstad (2019), as taxas de fluxo do leite médio e pico (kg de leite por minuto de ordenha) foram medidas por cada quarto do úbere em uma ordenha. Foram usadas as médias dos valores de fluxo de leite médio e picos dos quartos separadamente, para se obter registro único por ordenha de cada uma dessas duas características. Portanto, vacas com menos de quatro quartos de úbere ordenhados tiveram fluxo do leite mais baixo.

b) Tempo no *box* é o tempo, em minutos, desde que a vaca entrou na unidade de ordenha até sua saída, conforme a diferença entre a hora de início e de término (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011).

c) Eficiência na ordenha: sendo a produção de leite por unidade de tempo total, o valor foi calculado com a produção total de leite (kg) dos quatro quartos, em cada ordenha, dividido pelo o tempo no *box* (minutos). Assim, se obteve um registro por ordenha, conforme a metodologia descrita por Heringstad e Kjøren Bugten, (2014)

Além disso, foram analisados outros dados obtidos no AMS:

a) Tempo de ordenha, calculado, em minutos, de acordo com a metodologia de Carlström et al. (2013). A partir dos registros de fluxo médio do leite, foi calculado como a razão entre a produção de leite (kg) e a taxa de fluxo médio do leite (kg/min) para cada quarto do úbere separadamente. Assim, ao ser calculado separadamente, o fluxo foi medido apenas durante o tempo que realmente o quarto foi ordenhado, sendo adicionados 30 segundos como uma constante ao tempo de fixação das teteiras. Dessa maneira, de acordo com Carlström et al. (2016), o tempo de ordenha da vaca é definido como o tempo de ordenha mais longo dos

quatro quartos, ou seja, o tempo desde o início da ordenha até o fluxo de leite terminar, quando a última teteira foi removida.

b) Intervalo de ordenhas é o tempo, em horas, obtido no AMS, como a diferença entre a hora de início da ordenha atual e a hora de início da ordenha anterior (CARLSTRÖM et al., 2013).

c) Frequência de ordenhas: também obtida no AMS, foi definida como a quantidade de ordenhas por dia (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

5.4.2 Características de comportamento

Foram analisadas três características de comportamento:

a) *Handling time* na ordenha (HT): a diferença entre tempo no *box* e tempo de ordenha (minutos), obtida do tempo mais longo dos quatro quartos; para obter um registro para cada ordenha (CARLSTRÖM et al., 2013).

b) Ordenhas incompletas (OIN): a quantidade de ordenhas diárias com um mínimo de um quarto registrado como ordenha incompleta;

c) Coices (COI): os sensores do AMS registraram a quantidade de remoções prematuras ou inesperadas das teteiras de cada quarto do úbere durante o tempo da ordenha (CARLSTRÖM et al., 2016). As duas últimas características foram obtidas diretamente no AMS, enquanto que a primeira foi calculada, a partir de dados gerados também pelo AMS.

Em relação à ordenha incompleta, o AMS DeLaval a considera quando a produção de leite atual for inferior a 70% da produção esperada em qualquer quarto do úbere, com base nas ordenhas anteriores das últimas 24 horas (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Segundo Carlström et al. (2016), após serem identificadas as ordenhas incompletas, foram incluídas na contagem aquelas ordenhas com registros de tetos não encontrados, determinado quando o robô não conseguiu detectar pelo menos um teto dos quatro quartos, resultando em uma produção de 0 kg de leite para esse quarto específico. De acordo com Carlström et al. (2013; 2016), mesmo que os coices possam resultar em ordenhas incompletas, foi decidido manter as ordenhas incompletas separado dos coices. Portanto, considerou-se como ordenhas incompletas aquelas onde nenhum coice foi identificado. Além disso, se duas ordenhas consecutivas estiveram muito próximas, provavelmente ambas foram classificadas como incompletas. Dessa forma, apenas os registros nos quais os intervalos de ordenhas se situaram entre 5 a 30 horas, foram incluídos. Seguidamente, a característica foi definida e calculada

como binária (0 ou 1) por ordenha e resumida em todas as ordenhas por dia. Uma vaca com uma ou mais ordenhas incompletas em cada sessão de ordenha e com três ordenhas diárias seria registrada como três ordenhas incompletas.

Quanto aos coices, foram considerados para cada ordenha, incluindo pelo menos uma remoção ou caída da teteira do teto de qualquer quarto. A característica foi definida como binária (0 ou 1) por ordenha e resumida em todas as ordenhas por dia. Uma vaca que registrou pelo menos um coice ou mais na ordenha, lhe foi atribuído um registro de coice, e se tivesse três ordenhas diárias, e em todas apresentou-se um registro de coice, foram registrados três coices/vaca/dia. No entanto, devido à baixa frequência de ordenhas com registros de coices e ordenhas incompletas como registro diário, realizou-se uma segunda definição de análises, resumidas em porcentagens dos dias totais de ordenhas para cada grupo genético, calculada com a seguinte fórmula:

Coices (%) ou ordenhas incompletas (%) = Quantidade de observações com coice ou ordenhas incompletas/Total observações no estudo.

Como vários meses foram incluídos no estudo, observações de ordenha de algumas vacas primíparas nos últimos dias de lactação poderiam também aparecer com observações de ordenha nos primeiros dias da segunda lactação, pelo fato de terem passado pelo período seco, terem parido e voltarem para ser ordenhadas no AMS, na condição de múltíparas. Na edição e análises dos dados, animais nessa situação foram identificados como duas vacas diferentes.

Foram comparadas médias das características de ordenhabilidade, comportamento e outras medidas obtidas do AMS em relação grupo genético e comparadas pela ordem de parto. Utilizou-se a análise de variância ANOVA, com análises de diferenças univariadas pelo teste T; e para comparações multivariadas, usou-se teste Tukey, onde foi assumido o Teorema do Limite Central, que afirma que quando o tamanho de uma amostra aumenta, a distribuição amostral da sua média aproxima-se cada vez mais de uma distribuição normal (LOPES, 2014). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa *SPSS versão 22*.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi uma primeira tentativa para comparar características de ordenhabilidade e de comportamento a partir de dados que podem ser obtidos em um rebanho comercial.

Após vasta revisão da literatura e diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se afirmar que:

- Em geral, a ordenabilidade das vacas no AMS pode ser otimizada evitando ordenhas com coices e ordenhas incompletas, tendo fluxos de leite maiores, aumentando a eficiência de ordenha com tempo no *box* e *handling time* menores.
- A avaliação do *handling time* pode ser uma alternativa adicional em programas de seleção baseada no tempo no *box*, identificando indivíduos mais desejáveis.
- Nas primíparas se faz necessário melhorar a adaptação no AMS e compreender o comportamento durante a ordenha.
- Os coices poderiam ser analisados nos diferentes estágios da lactação, considerando parâmetros de alimentação, escores de condição corporal, saúde e descarte voluntário, relacionado aos critérios de desempenho comparando vacas de diferentes ordens de parto. Deste modo, a quantidade de coices também poderia ser um indicador auxiliar de saúde, associado à apresentação de infecções da glândula mamária.
- Os resultados evidenciam também a importância dos prejuízos ocasionados com a apresentação de problemas durante a ordenha em AMS, como coices e ordenhas incompletas.
- O uso de observações de ordenhas rotineiramente coletadas se torna uma informação muito útil dentro da propriedade, atuando na avaliação de animais com características mais desejáveis, tendo em vista identificarem a média de desempenho do rebanho, analisando os grupos de animais e as condições de manejo.

7 EQUIPE MULTIDISCIPLINAR

Quadro 1 - Integrantes da equipe do projeto de pesquisa.

Nome	Instituição	Função
Flor Ángela Niño Rodriguez	UFLA/DMV	Mestranda em Ciências Veterinárias
Prof. Marcos Aurélio Lopes	UFLA/DMV	Orientador
Prof. Dr. André Luiz Ribeiro Lima	UFLA/DAE	Coorientador
Dr. André Luiz Monteiro Novo	Embrapa Pecuária Sudeste	Coorientador
MV. Andréa Raphaela Ferreira Maia	DeLaval	Pesquisadora
MV. Sérgio Corrêa Brito	DeLaval	Pesquisador

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, G.; BERENTSEN, P.; ENGEL, B.; DE KONING, C.; LANSINK, A. O. Increasing the revenues from automatic milking by using individual variation in milking characteristics. **Journal of dairy science**, 93, n. 3, p. 942-953, 2010.
- BACH, A.; BUSTO, I. Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. **Journal of Dairy Research**, 72, n. 1, p. 101-106, 2005.
- BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of dairy science**, 100, n. 9, p. 7720-7728, 2017.
- BOBIĆ, T.; MIJIĆ, P.; KNEŽEVIĆ, I.; ŠPERANDA, M.; ANTUNOVIĆ, B.; BABAN, M.; SAKAČ, M.; FRIZON, E.; KOTURIĆ, T. The impact of environmental factors on the milk ejection and stress of dairy cows. **Biotechnology in Animal Husbandry**, 27, p. 919-927, 2011.
- BRUCKMAIER, R.; BLUM, J. Oxytocin release and milk removal in ruminants. **Journal of dairy science**, 81, n. 4, p. 939-949, 1998.
- BRUCKMAIER, R. M.; HILGER, M. Milk ejection in dairy cows at different degrees of udder filling. **Journal of Dairy Research**, 68, n. 3, p. 369-376, 2001.
- BYLUND, G. *In*: TETRA PAK PROCESSING SYSTEMS AB (Ed.). **Dairy processing handbook**. 2 ed. Cornell University: Tetra Pak Processing Systems AB, 2003. v. 2, p. 452.
- CARDOZO, L. L. **Identificação dos fatores de risco associados a ocorrência de hiperqueratose na extremidade dos tetos em rebanhos leiteiros**. 2017. Tese doutorado (Doutor) - Ciência Animal, Universidade de Santa Catarina, Lages, SC.
- CARLSTRÖM, C.; PETTERSSON, G.; JOHANSSON, K.; STRANDBERG, E.; STÅLHAMMAR, H.; PHILIPSSON, J. Feasibility of using automatic milking system data from commercial herds for genetic analysis of milkability. **Journal of dairy science**, 96, n. 8, p. 5324-5332, 2013.
- CARLSTRÖM, C.; STRANDBERG, E.; JOHANSSON, K.; PETTERSSON, G.; STÅLHAMMAR, H.; PHILIPSSON, J. Genetic evaluation of in-line recorded milkability from milking parlors and automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 97, n. 1, p. 497-506, 2014.

CARLSTRÖM, C.; STRANDBERG, E.; PETTERSSON, G.; JOHANSSON, K.; STÅLHAMMAR, H.; PHILIPSSON, J. Genetic associations of teat cup attachment failures, incomplete milkings, and handling time in automatic milking systems with milkability, temperament, and udder conformation. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science**, 66, n. 2, p. 75-83, 2016.

CASTRO, A.; PEREIRA, J.; AMIAMA, C.; BUENO, J. Estimating efficiency in automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 95, n. 2, p. 929-936, 2012.

CÓRDOVA, d. A. H.; ALESSIO, D. R. M.; CARDOZO, L. L.; NETO, A. T. Impacto dos fatores de produção e bem-estar animal sobre a frequência de ordenha robotizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 53, n. 2, p. 238-246, 2018.

DE KONING, K.; VAN DER VORST, Y., 2002, **Automatic milking-changes and chances**. Citeseer. 68-80.

DEMING, J.; BERGERON, R.; LESLIE, K.; DEVRIES, T. Associations of housing, management, milking activity, and standing and lying behavior of dairy cows milked in automatic systems. **Journal of dairy science**, 96, n. 1, p. 344-351, 2013.

FRANCO, A. N.; LOPES, M. Uso da robótica na ordenha de vacas leiteiras: uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, 22, n. 3, p. 101-107, 2014.

GÄDE, S.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KALM, E. Estimates of genetic parameters for milkability from automatic milking. **Livestock Science**, 104, n. 1-2, p. 135-146, 2006.

GOREWIT, R.; WACHS, E.; SAGI, R.; MERRILL, W. Current concepts on the role of oxytocin in milk ejection. **Journal of Dairy Science**, 66, n. 10, p. 2236-2250, 1983.

GRINDAL, R. J.; HILLERTON, J. E. Influence of milk flow rate on new intramammary infection in dairy cows. **Journal of Dairy Research**, 58, n. 3, p. 263-268, 1991.

GRINDAL, R. J.; WALTON, A. W.; HILLERTON, J. E. Influence of milk flow rate and streak canal length on new intramammary infection in dairy cows. **Journal of Dairy Research**, 58, n. 4, p. 383-388, 1991.

GROEN, A. F.; STEINE, T.; COLLEAU, J.-J.; PEDERSEN, J.; PRIBYL, J.; REINSCH, N. Economic values in dairy cattle breeding, with special reference to functional traits. **Stočarstvo: Časopis za unapređenje stočarstva**, 50, n. 5, p. 313-344, 1996.

GUINARD-FLAMENT, J.; LEMOSQUET, S.; DELAMAIRE, E.; LE BRIS, G.; LAMBERTON, P.; HURTAUD, C. Alteration of the nutrient uptake by the udder over an

extended milking interval in dairy cows. **Journal of dairy science**, 94, n. 11, p. 5458-5468, 2011.

GYGAX, L.; NEUFFER, I.; KAUFMANN, C.; HAUSER, R.; WECHSLER, B. Comparison of functional aspects in two automatic milking systems and auto-tandem milking parlors. **Journal of dairy science**, 90, n. 9, p. 4265-4274, 2007.

HALACHMI, I. Simulating the hierarchical order and cow queue length in an automatic milking system. **Biosystems engineering**, 102, n. 4, p. 453-460, 2009.

HALE, S.; CAPUCO, A.; ERDMAN, R. Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation. **Journal of dairy science**, 86, n. 6, p. 2061-2071, 2003.

HERINGSTAD, B.; KJØREN BUGTEN, H. Genetic evaluations based on data from automatic milking systems. *In*: Conference ICAR, Berlin, 2014, DOI: 10.13140/2.1.4961.7280. 2014

HOGENBOOM, J.; PELLEGRINO, L.; SANDRUCCI, A.; ROSI, V.; D'INCECCO, P. Invited review: Hygienic quality, composition, and technological performance of raw milk obtained by robotic milking of cows. **Journal of dairy science**, 102, n. 9, p. 7640-7654, 2019.

HOGVEEN, H.; OUWELTJES, W.; DE KONING, C.; STELWAGEN, K. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. **Livestock production science**, 72, n. 1-2, p. 157-167, 2001.

HOVINEN, M.; PYÖRÄLÄ, S. Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. **Journal of dairy science**, 94, n. 2, p. 547-562, 2011.

JACOBS, J.; ANANYEVA, K.; SIEGFORD, J. Dairy cow behavior affects the availability of an automatic milking system. **Journal of dairy science**, 95, n. 4, p. 2186-2194, 2012.

JACOBS, J.; SIEGFORD, J. Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. **Journal of dairy science**, 95, n. 5, p. 2227-2247, 2012a.

JACOBS, J.; SIEGFORD, J. Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. **Journal of dairy science**, 95, n. 3, p. 1575-1584, 2012b.

KING, M.; LEBLANC, S.; PAJOR, E.; WRIGHT, T.; DEVRIES, T. Behavior and productivity of cows milked in automated systems before diagnosis of health disorders in early lactation. **Journal of dairy science**, 101, n. 5, p. 4343-4356, 2018.

LITTLEJOHN, M. D.; WALKER, C. G.; WARD, H. E.; LEHNERT, K. B.; SNELL, R. G.; VERKERK, G. A.; SPELMAN, R. J.; CLARK, D. A.; DAVIS, S. R. Effects of reduced frequency of milk removal on gene expression in the bovine mammary gland. **Physiological genomics**, 41, n. 1, p. 21-32, 2009.

LOPES, M. A. **Informática aplicada à bovinocultura**. FUNEP: Jaboticabal. 82p. 1997.
ISBN: 978-85-7805-113-6

LOPES, B. Bioestatísticas: conceitos fundamentais e aplicações práticas. **Rev. bras. oftalmol**, p. 16-22, 2014.

LOPES, M. A.; SIMÕES, L. M.; BRITO, S. C.; ROSSI, G.; CONTI, L.; BARBARI, M. Robotização na ordenha: por ela eu ponho minha mão no fogo? *In: Encontro da pecuária leiteira da Scot Consultoria*, 2019, São Paulo. p. 261-268.

LØVENDAHL, P.; LASSEN, J.; CHAGUNDA, M., 2011, **Genetic analysis of milkability, milking frequency, milk yield and composition in automatically milked cows**. 80.

LØVENDAHL, P.; LASSEN, J.; CHAGUNDA, M. Milking Efficiency—A Milkability Trait for Automatically Milked Cows. *In: Proc. 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Vancouver, BC, Canada. WCGALP Digital Archive, wcalp.org, 2014, p. 140.

MACULAN, R.; LOPES, M. Ordenha robotizada de vacas leiteiras: uma revisão. **B. Indústr. Anim.**, 73, n. 1, p. 80-87, 2016.

MAYER, H.; BRUCKMAIER, R.; SCHAMS, D. Lactational changes in oxytocin release, intramammary pressure and milking characteristics in dairy cows. **Journal of Dairy Research**, 58, n. 2, p. 159-169, 1991.

MEIN, G.; WILLIAMS, D. M.; REINEMANN, D. J., 2003, **Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: 1. Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat**. Citeseer. 114-123.

MESHARAM, B.; ADIL, S.; RANVIR, S. Robotics: An emerging technology in dairy and food industry. **IJCS**, 6, n. 2, p. 440-449, 2018.

MILLER, R.; FULTON, L.; EREZ, B.; WILLIAMS, W.; PEARSON, R. Variation in distances among teats of Holstein cows: Implications for automated milking. **Journal of dairy science**, 78, n. 7, p. 1456-1462, 1995.

MOTTA, L. D. A questão da habitação no Brasil: políticas públicas, conflitos urbanos e o direito à cidade. **Mapa dos Conflitos Ambientais de Minas Gerais**, 2011.

MÜLLER, A. B.; ROSE-MEIERHÖFER, S.; AMMON, C.; BRUNSCH, R. Comparison of the effects of quarter-individual and conventional milking systems on milkability traits. **Archives Animal Breeding**, 54, n. 4, p. 360-373, 2011.

MUNKSGAARD, L.; RUSHEN, J.; DE PASSILLÉ, A.; KROHN, C. C. Forced versus free traffic in an automated milking system. **Livestock science**, 138, n. 1-3, p. 244-250, 2011.

NEIJENHUIS, F.; BARKEMA, H.; HOGEVEEN, H.; NOORDHUIZEN, J. Classification and longitudinal examination of callused teat ends in dairy cows. **Journal of dairy science**, 83, n. 12, p. 2795-2804, 2000.

NORMAN, H.; POWELL, R.; WRIGHT, J.; CASSELL, B. Phenotypic and genetic relationship between linear functional type traits and milk yield for five breeds. **Journal of Dairy Science**, 71, n. 7, p. 1880-1896, 1988.

PAIVA, C. A. V.; PEREIRA, L. G. R.; TOMICH, T. R.; POSSAS, F. P. Sistema de ordenha automático. **Embrapa Gado de Leite-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

PASTELL, M.; TAKKO, H.; GRÖHN, H.; HAUTALA, M.; POIKALAINEN, V.; PRAKS, J.; VEERMÄE, I.; KUJALA, M.; AHOKAS, J. Assessing cows' welfare: Weighing the cow in a milking robot. **Biosystems engineering**, 93, n. 1, p. 81-87, 2006.

PENRY, J.; CRUMP, P.; HERNANDEZ, L.; REINEMANN, D. Association of milking interval and milk production rate in an automatic milking system. **Journal of dairy science**, 101, n. 2, p. 1616-1625, 2018a.

PENRY, J.; CRUMP, P.; HERNANDEZ, L.; REINEMANN, D. Association of quarter milking measurements and cow-level factors in an automatic milking system. **Journal of dairy science**, 101, n. 8, p. 7551-7562, 2018b.

PETZER, I.-M.; KARZIS, J.; DONKIN, E. F.; WEBB, E. C. A pathogen-specific approach towards udder health management in dairy herds: Using culture and somatic cell counts from routine herd investigations. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, 83, n. 1, p. 1-12, 2016.

PORCIONATO, M. A. d. F.; SOARES, W. V. B.; REIS, C. B. M. d.; CORTINHAS, C. S.; MESTIERI, L.; SANTOS, M. V. d. Milk flow, teat morphology and subclinical mastitis prevalence in Gir cows. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45, n. 12, p. 1507-1512, 2010.

ROBOTICSBIZ. Top 9 best robotic milking machines to consider in 2020. **Roboticsbiz**, 2020.

RODENBURG, J. Robotic milkers: What, where... and how much. Proceedings of Dairy Management Conference, Ohio, USA, December 1617: 118 p. 2002.

RODENBURG, J. Success factors for automatic milking. *In*: Proceedings of the precision dairy conference and expo; a conference on precision dairy technologies, 2013, Precision Dairy Conference, Mayo Civic Center, Rochester, Minnesota p. 21-34.

ROUSING, T.; BONDE, M.; BADSBURG, J. H.; SØRENSEN, J. T. Stepping and kicking behaviour during milking in relation to response in human–animal interaction test and clinical health in loose housed dairy cows. **Livestock Production Science**, 88, n. 1-2, p. 1-8, 2004.

RUSHEN, J.; DE PASSILLE, A.; MUNKSGAARD, L. Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. **Journal of dairy science**, 82, n. 4, p. 720-727, 1999.

SALFER, J.; ENDRES, M.; LAZARUS, W.; MINEGISHI, K.; BERNING, B. Dairy robotic milking systems—what are the economics. **University of Minnesota, eXtension, January**, 2019.

SANDRUCCI, A.; TAMBURINI, A.; BAVA, L.; ZUCALI, M. Factors affecting milk flow traits in dairy cows: results of a field study. **Journal of dairy science**, 90, n. 3, p. 1159-1167, 2007.

SANTOS, L. V.; BRÜGEMANN, K.; EBINGHAUS, A.; KÖNIG, S. Genetic parameters for longitudinal behavior and health indicator traits generated in automatic milking systems. **Archives Animal Breeding**, 61, n. 2, p. 161-171, 2018.

SIEWERT, J.; SALFER, J. A.; ENDRES, M. I. Milk yield and milking station visits of primiparous versus multiparous cows on automatic milking system farms in the Upper Midwest United States. **Journal of dairy science**, 102, n. 4, p. 3523-3530, 2019.

SIEWERT, J. M.; SALFER, J. A.; ENDRES, M. I. Factors associated with productivity on automatic milking system dairy farms in the Upper Midwest United States. **Journal of dairy science**, 101, n. 9, p. 8327-8334, 2018.

SIMÕES FILHO, L. M.; LOPES, M. A.; BRITO, S. C.; ROSSI, G.; CONTI, L.; BARBARI, M. Robotic milking of dairy cows: a review. **Semina: Ciências Agrárias**, 41, n. 6, p. 2833-2850, 2020.

STEPHANSEN, R.; FOGH, A.; NORBERG, E. Genetic parameters for handling and milking temperament in Danish first-parity Holstein cows. **Journal of dairy science**, 101, n. 12, p. 11033-11039, 2018.

SVENNERSTEN-SJAUNJA, K.; PETTERSSON, G. Pros and cons of automatic milking in Europe. **Journal of Animal Science**, 86, n. suppl_13, p. 37-46, 2008.

TANČIN, V.; IPEMA, A.; HOGEWERF, P. Interaction of somatic cell count and quarter milk flow patterns. **Journal of dairy science**, 90, n. 5, p. 2223-2228, 2007.

THUNE, R. Ö. Kutrafikk i fjøs med automatisk melking. MS Thesis. *The Agricultural University of Norway*, Institutt for Tekniske Fag Ås, Department of Animal Nutrition and Management, Norway; and Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2000.

TREMBLAY, M.; HESS, J. P.; CHRISTENSON, B. M.; MCINTYRE, K. K.; SMINK, B.; VAN DER KAMP, A. J.; DE JONG, L. G.; DÖPFER, D. Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 99, n. 5, p. 3824-3837, 2016.

UTSUMI SANTIAGO A E INSUA. JUAN R Robótica la nueva frontera tecnológica en lechería de precisión. **Revista semestral Vision rural**. Ano XXVI, pag. 53-57 No. 128 Julio – Agosto 2019. ISSN 0328-7009 https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_visionrural128_jul-ago2019_sp.pdf

VOSMAN, J.; POPPE, H.; MULDER, H.; ASSEN, A.; DUCRO, B.; GERRITS, A.; VESSEUR, C.; BOES, J.; EDING, H.; DE JONG, G., 2018, **Automatic milking system, a source for novel phenotypes as base for new genetic selection tools**. -

WETHAL, K.; HERINGSTAD, B. Genetic analyses of novel temperament and milkability traits in Norwegian Red cattle based on data from automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 102, n. 9, p. 8221-8233, 2019.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE ORDENHABILIDADE E COMPORTAMENTO DE VACAS ORDENHADAS EM SISTEMAS ROBOTIZADOS DO TIPO *FEED FIRST*

Flor Angela Niño Rodriguez¹; Marcos Aurélio Lopes^{1*}; André Luis Ribeiro Lima¹, Gercílio Alves de Almeida Júnior²; André Luiz Monteiro Novo³; Nadja Gomes Alves¹; Matteo Barbari⁴; Artur Chinelato de Camargo³; Andréa Raphaela Ferreira Maia⁵; Sergio Corrêa Brito⁵.

¹ Universidade Federal de Lavras; ² Universidade Federal de Espírito Santo; ³ Embrapa Gado de Leite; ⁴ Università degli Studi di Firenze; ⁵ DeLaval Brasil; *malopes@ufla.br.

RESUMO

Objetivou-se analisar características de ordenhabilidade e de comportamento de vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos e ordens de parto, em sistemas de ordenha robotizada do tipo *feed first*. Os dados são oriundos de rebanho comercial situado na região do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba - MG, que utiliza sistema de ordenha automática (AMSTM, DeLaval), contendo 42.322 observações, de 307 vacas da raça *Holstein* e mestiças (*Holstein* x *Jersey*). Registros diários de características de ordenhabilidade como fluxo do leite (FL); tempo no *box* (TB) e eficiência na ordenha (EO); bem como características de comportamento: *handling time* na ordenha (HT); ordenhas incompletas (OIN); e coices (COI). Além delas, foram analisados outros dados obtidos no robô ordenhador, como tempo de ordenha (TO), frequência (FO) e intervalo de ordenhas (IO). Foram avaliados por análise de variância multivariada e teste *Tuckey*, utilizando-se o programa estatístico *SPSS* versão 22. As características de FL e EO foram mais favoráveis nas vacas da raça *Holstein* ($P < 0,01$), enquanto o TB foi melhor nas mestiças ($P < 0,01$). Os valores das características de comportamento HT foram melhores nas mestiças ($P < 0,01$). No entanto, os dois grupos genéticos foram semelhantes na quantidade de ordenhas com COI e OIN ($P > 0,05$). As multíparas, nos dois grupos genéticos, mostraram características mais favoráveis comparadas às primíparas (FL, TB, EO, HT; $P < 0,01$); exceto nas mestiças, que foram superiores no que se refere a COI, OIN e FO ($P < 0,01$). As OIN foram associadas a maior redução na produção de leite em 16% nas vacas da raça *Holstein* e 17,8% nas mestiças ($P < 0,01$). Os COI diminuíram a produção de leite por ordenha em 3,5% nas vacas da raça *Holstein* ($P < 0,01$), enquanto que nas mestiças eles não afetaram a produção de leite ($P > 0,05$). Quanto à comparação entre grupos genéticos, as vacas *Holsteins* mostraram características de ordenhabilidade mais favoráveis em relação ao fluxo de leite, eficiência da ordenha e maior produção de leite; enquanto que as vacas mestiças *Holstein* x *Jersey* tiveram menor tempo no *box*. Não houve diferenças significativas em relação à quantidade de coices e ordenhas incompletas. No que se

refere à ordem de parto, as vacas multíparas apresentam características de ordenabilidade mais favoráveis em relação ao tempo no *box*, fluxo de leite e eficiência da ordenha. No grupo das vacas da raça Holstein, as primíparas tiveram maiores quantidades de coices e ordenhas incompletas; enquanto que no grupo das mestiças, a ordem de parto não afetou estas características.

Palavras-chave: automação; bovinocultura leiteira; eficiência de ordenha; sistema de ordenha automático; temperamento; zootecnia de precisão.

ASSESSMENT OF MILKABILITY AND BEHAVIOR TRAITS IN COWS MILKED IN ROBOTIC SYTEMS TYPE *FEED FIRST*

ABSTRACT

The objective was to analyze milkability and behavior traits of dairy cows of different genotypes and calving orders, in feed first robotic milking systems. The data comes from a commercial herd located in the region of Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba - MG, which uses an automatic milking system (AMSTM, DeLaval), contains 42,322 observations, of 307 Holstein breed cows Holstein x Jersey crossbred. Daily records of milkability traits as average flow rate (FR), box time (BT), handling time (HT) and milking efficiency (ME); as well as behavior traits: handling time (HT), incomplete milkings (IM) and kick-offs (KO). In addition to these variables, other data obtained from the milking system were analyzed, such as milking time (MT), milking frequency (MF) and milking interval (MI). They were evaluated by multivariate analysis of variance and Tukey test, using the statistical program SPSS version 22. The milkability traits such as FR and ME were more favorable for Holstein breed ($P < 0.01$), while BT was more favorable in Holstein x Jersey crossbred ($P < 0.01$). The values of HT forum behavior traits were better in Holstein x Jersey crossbred ($P < 0.01$). However, the two genetic groups were similar in the number of milking with KO and IM ($P > 0.05$). Multiparous cows, in both genetic groups, showed more favorable traits compared to primiparous cows (FR, BT, ME, HT; $P < 0.01$); The IM showed a greater relationship in terms of reduced milk production by 16% in Holstein breed cows and 17.8% in Holstein x Jersey crossbred cows ($P < 0.01$). The KO decreased milk production by milking in 3.5% in Holstein breed cows ($P < 0.01$), while in Holstein x Jersey crossbred cows they did not affect milk production ($P > 0.05$). As for the comparison between genetic groups, Holsteins cows showed more favorable milkability traits in relation to average flow rate, milking efficiency and higher milk production; while Holstein x Jersey crossbred cows had less time in the box. There were no significant differences in relation to the number of kick-offs and incomplete milking. In regard to the calving order, multiparous cows have more favorable milkability traits in relation to the time in the stall, average milk flow and milking efficiency. In the group of Holstein cows, primiparous animals had higher amounts of kick-offs and incomplete milking; while in the Holstein x Jersey crossbred group, the birth order did not affect these characteristics.

Key words: automation; automatic milking system; behavior; dairy farming; milking efficiency; precision livestock farming;

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de ordenha robotizados, também conhecidos como AMS (*Automatic Milking System*) ou VMS (*Voluntary Milking System*), vêm crescendo na sua utilização nos rebanhos leiteiros desde a instalação da primeira unidade comercial, em 1992, na Holanda. Em 2019, a quantidade de unidades AMS instaladas foi aproximadamente 35.000 em todo o mundo (SALFER et al., 2019). No Brasil, o primeiro AMS foi implantado no 2012 (LOPES et al., 2019) e em 2015 já eram 10 propriedades com ordenhas robotizadas (PAIVA et al., 2015).

No entanto, investir em equipamentos onerosos não garante maior eficiência na produção de leite, quando o potencial genético dos animais não se ajusta ao ambiente propiciado pelo AMS. Há que se considerar, ainda, que grandes quantidades de registros emitidos pelo AMS, de acordo com King e Devries (2018), podem sobrecarregar os produtores. Assim, surge a questão de como fazer o melhor uso desses dados para realizar a seleção de vacas adequadas para o equipamento.

As características de ordenhabilidade e comportamento, obtidas nos sistemas de ordenha robotizado, são usadas para avaliar a eficiência na ordenha. A ordenhabilidade é definida com a avaliação do rendimento durante a ordenha e inclui características de fluxo do leite e tempo no box (GÄDE et al., 2006) e eficiência na ordenha (VOSMAN et al., 2018). Características comportamentais incluem *handling time*¹ na ordenha, ordenhas incompletas e coices (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

A ordenha robotizada por ser uma tecnologia relativamente nova, e de uso crescente no Brasil, é indispensável estudos que permitem conhecer mais do impacto no manejo das atividades leiteiras. Conhecer os parâmetros de rendimento e as necessidades em diferentes ordens de parto, grupos genéticos e etapas de produção é vantajoso, pois possibilitaria a escolha de animais mais calmos e produtivos durante a ordenha.

¹ *Handling time* (HT): inclui o tempo desde a entrada da vaca no *box* de ordenha até o início da ordenha (tempo para detecção do teto, lavagem, estimulação e pré-ordenha) + o tempo após a ordenha até que o portão de entrada seja aberto para permitir a entrada da próxima vaca. (CARLSTRÖM et al., 2016); *Handling time* (HT): tempo no AMS antes e depois da ordenha, em minutos (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Considerando-se os aspectos apresentados, bem como a importância do tema, objetivou-se analisar algumas características de ordenhabilidade e comportamentais de vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos e ordens de parto em sistemas de ordenha robotizado com tráfego guiado do tipo *feed first*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de um rebanho leiteiro comercial com tráfego guiado do tipo *feed first*, localizado na região do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba - MG, usando seis sistemas de ordenha automática (AMSTM, DeLaval, Tumba, Suécia), referentes ao período de setembro de 2019 a março de 2020. A propriedade desenvolve a pecuária leiteira em sistema intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação em galpões do tipo *free stall*.

Foram utilizadas 86.371 informações de ordenhas diárias de 362 vacas de dois grupos genéticos, sendo 195 da raça *Holstein* e 167 vacas mestiças *Holstein* com Jersey, e de várias ordens de parto. As vacas foram agrupadas como primíparas ou múltíparas. O conjunto de dados brutos (inicial) foi processado utilizando-se o software DelProTM (DeLaval, Tumba, Suécia).

No sistema *feed first* as vacas possuem acesso à pista de alimentação e, por meio de portões selecionadores e direcionadores, elas são obrigadas a passarem pelo robô, para serem ordenhadas, para, depois, conseguirem retornar à área de cama (SIMÕES FILHO et al., 2020). Quanto às primíparas, durante os primeiros 15 a 20 dias pós-parto, elas são ordenhadas na ordenha convencional três vezes ao dia. Completado esse período, são conduzidas para a sala de espera e guiadas ao robô para serem ordenhadas pela primeira vez no AMS. As primeiras ordenhas foram realizadas com a supervisão de um funcionário que, durante os dias seguintes, deu maior atenção visual para elas; e também, se fosse o caso, em atrasos nos horários de permissão de ordenha, eram buscadas e conduzidas ao AMS.

Os dados selecionados para o estudo foram exportados do software em relatórios de tabelas do programa *Microsoft Office Excel*. Na coleta de dados, de acordo com a metodologia de Carlström et al. (2013), foram usados os relatórios do AMS que continham informações sobre: a) a identificação da vaca: número, dias em lactação (DEL), ordem de parto (OP; 1 e mais de 1 parto) e grupo genético; b) dados da ordenha, como data e hora de entrada (hora de início) e saída (hora de término) de cada visita, tempo de ordenha (minutos), último intervalo de ordenhas (IO; horas) e frequência de ordenhas (FO); c) informações sobre

a produção de leite (PL; kg), taxa de fluxo médio do leite (FML; kg/min) e taxa do pico de fluxo de leite (FPL; kg/min) em cada quarto do úbere; d) problemas durante a ordenha, como quantidade de ordenhas incompletas (OIN), coices (COI) e tetos não encontrados.

Na edição de dados, foram excluídos registros de tempo no *box*, menores do que 1 ou maiores do que 20 minutos, *handling time* abaixo de 0,3 e acima de 15 minutos, assim como registros sem observação da produção de leite. Registros claramente inconsistentes com os padrões normais em relação à variação com o intervalo de ordenha, tempo no *box*, produção de leite e taxa de fluxo médio e pico também foram excluídos, assim como células vazias nestas características (CARLSTRÖM et al., 2016). Foram considerados como período de lactação entre 5 até 305 dias após o parto. Para agrupar os dados de produção e velocidade de ordenha foi utilizada a metodologia de Wethal e Heringstad (2019), onde foram considerados todos os registros em que a produção de leite foi ≤ 50 kg, no total por ordenha, e ≤ 13 kg por quarto de úbere por ordenha, assim como que o máximo do fluxo médio do leite fosse de 3 kg leite/minuto e o máximo do fluxo pico do leite fosse de 4 kg leite/minuto, em qualquer dos quartos do úbere.

O conjunto de registros de ordenhas foi resumido em uma observação por vaca por dia, considerando as características de ordenhabilidade e comportamento como médias diárias de tempo no *box*, fluxo do leite, eficiência de ordenha, *handling time* e intervalos de ordenha (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). A frequência de ordenha, coices e ordenhas incompletas eram somas diárias. Posteriormente foi realizada a análise estatística.

Foram analisadas as seguintes características de ordenhabilidade, obtidas de registros do AMS: a) Taxas de fluxo do leite médio e pico: conforme metodologia de Wethal e Heringstad (2019), as taxas de fluxo do leite médio e pico (kg de leite por minuto de ordenha) foram medidas por cada quarto do úbere em uma ordenha. Foram usadas as médias dos valores de fluxo médio de leite e picos dos quartos separadamente para se obter registro único por ordenha de cada uma dessas duas características; b) Tempo no *box*: o tempo, em minutos, desde que a vaca entrou na unidade de ordenha até sua saída, conforme a diferença entre a hora de início e de término (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011); c) Eficiência na ordenha: a produção de leite por unidade de tempo total, o valor foi calculado com a produção total de leite (kg) dos quatro quartos, em cada ordenha, dividido pelo o tempo no *box* (minutos). Assim se obteve um registro por ordenha, conforme a metodologia descrita por Heringstad e Kjøren Bugten, (2014).

Além disso, foram analisados outros dados: a) Tempo de ordenha, calculado, em minutos, de acordo com a metodologia de Carlström et al. (2013). A partir dos registros de fluxo médio do leite, foi calculado como a razão entre a produção de leite (kg) e a taxa de fluxo médio do leite (kg/min) para cada quarto do úbere separadamente. Assim, ao ser calculado separadamente, o fluxo foi medido apenas durante o tempo que realmente o quarto foi ordenhado, sendo adicionados 30 segundos como uma constante ao tempo de fixação das teteiras. Dessa maneira, de acordo com Carlström et al. (2016), o tempo de ordenha da vaca é definido como o tempo de ordenha mais longo dos quatro quartos; b) Intervalo de ordenhas: o tempo, em horas, obtido no AMS, como a diferença entre a hora de início da ordenha atual e a hora de início da ordenha anterior (CARLSTRÖM et al., 2013); c) Frequência de ordenhas: também obtida no AMS, foi definida como a quantidade de ordenhas por dia (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Foram analisadas três características de comportamento: a) *handling time* na ordenha (HT): a diferença entre tempo no *box* e tempo de ordenha (minutos), obtida do tempo mais longo dos quatro quartos; para obter um registro para cada ordenha (CARLSTRÖM et al., 2013); b) ordenhas incompletas (OIN): a quantidade de ordenhas diárias com um mínimo de um quarto registrado como ordenha incompleta; c) Coices: os sensores do AMS registraram a quantidade de remoções prematuras ou inesperadas das teteiras de cada quarto do úbere durante no tempo da ordenha (CARLSTRÖM et al., 2016).

Em relação à ordenha incompleta, o AMS DeLaval a considera quando a produção de leite atual for inferior a 70% da produção esperada em qualquer quarto do úbere, com base nas ordenhas anteriores das últimas 24 horas (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Segundo Carlström et al. (2016), após serem identificadas as ordenhas incompletas, foram incluídas na contagem aquelas ordenhas com registros de tetos não encontrados, determinado quando o robô não conseguiu detectar pelo menos um teto dos quatro quartos. De acordo com Carlström et al. (2013; 2016), mesmo que os coices possam resultar em ordenhas incompletas, foi decidido manter as ordenhas incompletas separado dos coices. Intervalos de ordenhas entre 5 a 30 horas, foram incluídos. Seguidamente, a característica foi definida e calculada como binária (0 ou 1) por ordenha e resumida em todas as ordenhas por dia. Uma vaca com uma ou mais ordenhas incompletas em cada sessão de ordenha e com três ordenhas diárias seria registrada como três ordenhas incompletas.

Quanto aos coices, foram considerados para cada ordenha, incluindo pelo menos uma remoção ou caída da teteira do teto de qualquer quarto. A característica foi definida como binária (0 ou 1) por ordenha e resumida em todas as ordenhas por dia. Uma vaca que registrou pelo menos um coice ou mais na ordenha, lhe foi atribuído um registro de coice, e se tivesse três ordenhas diárias, e em todas apresentou-se um registro de coice, foram registrados três coices/vaca/dia. No entanto, devido à baixa frequência de ordenhas com registros de coices e ordenhas incompletas como registro diário, realizou-se uma segunda definição de análises, resumidas em porcentagens dos dias totais de ordenhas para cada grupo genético, calculada com a seguinte fórmula:

Coices (%) ou ordenhas incompletas (%) = Quantidade de observações com coice ou ordenhas incompletas/Total observações pelo estudo.

Foram comparadas médias das características de ordenhabilidade, comportamento e outras medidas obtidas do AMS em relação grupo genético e comparadas pela ordem de parto. Utilizou-se a análise de variância ANOVA, com análises de diferenças univariadas pelo teste T; e para comparações multivariadas, usou-se teste Tukey, onde foi assumido o Teorema do Limite Central (LOPES, 2014). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa *SPSS versão 22*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto final dos dados analisados teve um total de 42.322 observações, de 307 vacas, sendo 23.151 e 19.171 das raças Holstein e mestiças Holstein x Jersey respectivamente. As características descritivas dos conjuntos de dados utilizados nas análises desta pesquisa, podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características descritivas do conjunto de dados obtidos em rebanho comercial com diferentes grupos genéticos e ordens de parto, ordenhado em sistema automático de ordenha (AMS) com tráfego guiado do tipo *feed first*, no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba – MG.

Ordem de parto	Grupo genético			
	<i>Holstein</i>		<i>Holstein x Jersey</i>	
	Quant. de vacas	Quant. de obs.	Quant. de vacas	Quant. de obs.
Primíparas	110	13.926	81	11.032
Múltiparas	51	9.225	65	8.139
Total	161	23.151	146	19.171

O efeito do grupo genético pode ser observado na Tabela 2. Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) apenas para as características referentes aos registros de ordenhas incompletas, quantidade de coices/ordenha/vaca e frequência de ordenhas. As vacas mestiças HJ permaneceram menos tempo no *box* de ordenha, com melhor eficiência na ordenha e menor fluxo de leite comparado às da raça *Holstein*, que produziram em média 1,32 kg de leite ($P < 0,001$) a mais por ordenha.

Ao comparar os tempos no *box*, em média, as vacas da raça *Holstein* e as mestiças, demoraram 7,16 e 6,68 min/ordenha, respectivamente, sendo as mestiças, portanto, mais rápidas em 0,48 minuto/ordenha ($P < 0,001$). Considerando a média de 55 vacas/AMS, durante o período de estudo e a frequência de ordenhas/vaca de 2,6, que representou 143 ordenhas/dia (55 vacas x 2,6 ordenhas), pode-se inferir que com a totalidade de 68,64 minutos (0,48 min x 143 ordenhas/dia) poupados no grupo das vacas mestiças, teria sido possível ordenhar 9,5 vacas da raça *Holstein* ou 10,2 mestiças a mais, sem diminuir o tempo ocioso ou de inatividade do robô ou a frequência das ordenhas, otimizando assim, a sua utilização. Isso contribuirá na redução do custo fixo unitário referente à depreciação, melhorando a rentabilidade da atividade (LOPES et al. (2006).

No presente estudo, a produção média foi de 33 kg de leite/vaca/dia com produção de 1.815 kg de leite por AMS/dia. De acordo com Lopes et al. (2019), as produções ideais de leite por AMS/dia podem variar entre 2.500 e 3.000 kg. Castro et al. (2012) verificaram produções médias diárias de 1.463 kg/AMS, com 52,7 vacas, produzindo 28 kg de leite por vaca, em 34 rebanhos na Espanha.

De acordo com Lopes et al. (2019), maiores produções são interessantes, pois, o que se deseja, na prática, é obter a maior quantidade de leite produzida possível em sistemas robotizados de ordenha. Para tornar-se rentável o AMS, deve-se maximizar a frequência de ordenhas diárias (BACH; CABRERA, 2017), o que depende das vacas visitarem voluntariamente o *box* de ordenha (MACULAN; LOPES, 2016), a fim de aumentar a eficiência de uso (CASTRO et al., 2012) o que maximiza a taxa de ocupação diária do AMS (STEENEVELD et al., 2012). Segundo Lopes et al. (2012), quando a frequência de ordenhas diárias passa de duas para três vezes, a produção de leite aumenta, em média, em 14,76%.

A eficiência da ordenha, em média, foi de 2,05 e 1,97 kg de leite/min ($P < 0,001$) para as vacas da raça *Holstein* e mestiças, respectivamente. Esta característica, que tem sido pouco

estudada, refere-se à razão da produção de leite (kg) e tempo no *box* de ordenha (minutos). Os resultados deste estudo são superiores ao valor de 1,57 kg/min relatado por Vosman et al. (2018) na Holanda, em 70 rebanhos de vacas com 87,5% de sangue da raça *Holstein*; e 1,48 kg/min verificado por Wethal e Heringstad (2019) na Noruega, em 77 rebanhos de vacas da raça Norueguesa Vermelha.

O tempo no *box* está diretamente relacionado à capacidade de vacas por robô (CARLSTRÖM et al., 2013); menor tempo no *box* melhora o tráfego de vacas através dele (KING et al., 2018). No entanto, a eficiência de ordenha é uma característica alternativa que reflete a eficiência econômica de uso do AMS (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Assim, a vaca leiteira eficiente no AMS é aquela que fornece mais leite por minuto no *box* de ordenha (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011). Tal característica está altamente correlacionada com a velocidade de fluxo do leite (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Nesta pesquisa, constatou-se que as vacas mestiças tem menor tempo no *box* e menor eficiência de ordenha, atribuída ao menor fluxo de leite.

Tabela 2 - Efeito do grupo genético sobre algumas características de vacas ordenhadas por sistema automático (AMS) com tráfego guiado do tipo *feed first*, em rebanho comercial, no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba – MG.

Características	Grupo genético												P-valor
	Holstein						Holstein x Jersey						
	Média	DP	Min	Max	Var	CV	Média	DP	Min	Max	Var	CV	
<i>Ordenhabilidade</i>													
Tempo no <i>box</i> (minutos)	7,16	1,90	3,77	20,00	3,62	0,27	6,68	1,76	3,60	19,60	3,09	0,26	<0,001
Eficiência na ordenha (kg/minuto)	2,05	0,52	0,02	4,26	0,28	0,25	1,97	0,52	0,04	4,17	0,27	0,26	<0,001
Fluxo do leite (kg/min/úbere)	3,19	1,20	0,30	10,14	1,43	0,26	3,16	1,21	0,54	9,84	1,45	0,26	<0,001
<i>Comportamento</i>													
<i>Handling time</i> (minutos)	2,77	1,41	0,32	14,63	1,99	0,51	2,67	1,27	0,32	14,81	1,61	0,47	<0,001
Ordenhas incompletas (quantidade/vaca/dia)	0,09	0,32	0,00	3,00	0,10	3,64	0,09	0,32	0,00	4,00	0,10	3,74	0,982
Ordenhas com coices (quantidade/vaca/dia)	0,11	0,36	0,00	4,00	0,13	3,39	0,10	0,35	0,00	4,00	0,12	3,46	0,217
<i>Outras</i>													
Produção de leite/ordenha (kg)	14,01	2,95	0,11	29,87	8,67	0,21	12,69	3,13	0,13	31,48	9,80	0,25	<0,001
Média do intervalo das ordenhas (hora)	8,87	2,25	5,01	23,96	5,06	0,25	8,99	2,13	5,03	23,94	4,54	0,24	<0,001
Frequência de ordenhas (quantidade)	2,59	0,72	1,00	5,00	0,52	0,28	2,61	0,69	1,00	5,00	0,48	0,27	0,029
Tempo de ordenha (minutos)	4,38	1,24	0,87	10,70	1,53	0,28	4,01	1,22	0,74	12,70	1,50	0,31	<0,001

DP: Desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Min: Mínimo; Max: Máximo; Var: variância; *Médias analisadas pelo teste *t* a 5% de significância.

As vacas da raça *Holstein* tiveram maior tempo de ordenha, maior produção de leite e o menor fluxo de leite o maior fluxo de leite ($P < 0,001$, Tabela 2). Segundo Carlström et al. (2014) e Wethal e Heringstad (2019), vacas que demoram mais tempo sendo ordenhadas aumentam o tempo no box. Carlström et al. (2013) relataram tempos de ordenha em vacas da raça *Holstein* que variaram entre 4,3 a 5,2 min com produções médias de leite, por ordenha, de 11,06 a 12,10 kg; tais tempos são semelhantes aos do presente estudo, enquanto a produção de leite foi menor. Em uma vasta revisão da literatura, não foi encontrado nenhum estudo relatando resultados para esta característica em vacas mestiças ordenhadas por um AMS. Tal fato evidencia a necessidade de mais estudos. Vale ressaltar que as vacas mestiças, na presente pesquisa, tiveram menor tempo de ordenha (4 min), mas com a mesma produção de leite/ordenha das vacas da raça *Holstein* Vermelha e *Swedish Red*, dos estudos mencionados de Carlström et al. (2014) e Wethal e Heringstad (2019), respectivamente.

O aumento do fluxo de leite nas vacas da raça *Holstein* ($P < 0,001$; Tabela 2) pode estar relacionado às condições anatômicas dos tetos, com menores comprimentos, e intervalos mais longos entre as ordenhas. De acordo com Santos et al. (2018), o tempo no box e o fluxo de leite são influenciados pela pressão e morfologia do úbere. Intervalos longos de ordenha levam à distensão do úbere (HOGEVEEN et al., 2001); e comprimentos dos tetos menores aumentam o fluxo de leite (PORCIONATO et al., 2010).

O efeito do grupo genético sobre algumas características de comportamento pode ser observado na Tabela 3. As vacas da raça *Holstein* tiveram maiores quantidades de observações de coices; enquanto para a quantidade de ordenhas incompletas, foram semelhantes ao grupos das mestiças. Nas vacas da raça *Holstein*, a produção de leite por ordenha diminuiu 3,5% ($P < 0,001$) à medida que os registros de ordenhas com coices aumentaram; enquanto que, nas mestiças, eles não afetaram a mesma produção ($P = 0,476$).

A quantidade de ordenhas incompletas foi associada a maior redução na produção de leite, com 16% nas vacas da raça *Holstein* e 17,8% nas mestiças ($P < 0,001$). Esses resultados demonstram, conforme relatado por Carlström et al. (2014) e Wethal e Heringstad (2019), que problemas de falhas na fixação das teteiras devido a coices ou ordenhas incompletas são considerados características indesejáveis nas vacas e reduzem a eficiência do uso do AMS.

Tabela 3 Efeito do grupo genético sobre características de comportamento de vacas ordenhadas em sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo *feed first*, em um rebanho comercial no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba – MG.

Grupo genético	Quant. de obs.	% obs.	PL ¹	DP	CV	Quant. de obs.	% obs.	PL	DP	CV	P-valor
	Ordenha sem coices ²					Ordenhas com coices ³					
<i>Holstein</i>	21.056	91,0	14,2a	2,9	0,20	2.095	9,0	13,7b	2,7	0,19	<0,001
<i>Holstein</i> x Jersey	17.495	91,3	12,7a	3,1	0,25	1.676	8,7	12,7a	3,1	0,24	0,047
	Ordenhas completas ²					Ordenhas incompletas ³					
<i>Holstein</i>	21.364	92,3	14,2a	2,9	0,20	1.787	7,7	11,9b	2,9	0,24	<0,001
<i>Holstein</i> x Jersey	17.718	92,4	12,9a	3,1	0,24	1.453	7,6	10,6b	2,9	0,27	<0,001

1: PL: Média da produção de leite/ordenha (kg); DP: Desvio padrão; CV: coeficiente de variação; * Médias na mesma linha seguida por letras iguais, não diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância; 2: Sem nenhum registro de ordenhas com coices/dia ou sem nenhum registro ordenhas incompletas/dia; 3: Com um ou mais ordenhas com coices/dia ou com um ou mais ordenhas incompletas/dia.

Os valores de menores produções de leite, em casos de ordenhas incompletas e com coices, refletem em menor eficiência produtiva o que, segundo Lopes et al. (2004), tem efeito negativo na rentabilidade, devido a menor otimização de vários componentes do custo operacional efetivo. Por outro lado, dar coices resulta em maior desgaste no robô, funcionamento inadequado, provocando danos nos dispositivos de limpeza (WENZEL; SCHÖNREITER-FISCHER; UNSHELM, 2003), aumentando os custos de manutenção e diminuindo o retorno do investimento do AMS (SALFER et al., 2017).

No entanto, alguns efeitos colaterais devem ser considerados também. Segundo Hogeveen et al. (2001), as ocorrências de falhas na fixação das teteiras podem ser em resposta ao estresse provocado pelo desconforto e manejo inadequado da vaca que, conseqüentemente, segundo Hopster et al. (2002), estimula a liberação de cortisol, prejudicando a ejeção de leite e quanto maior tempo na ordenha, mais o nível de cortisol aumenta. Além disso, em um estudo recente, foi demonstrado, em amostras capilares e de saliva, que os níveis de cortisol variam em estados de estresse por claudicação que provocam efeitos no tempo de ordenha e repercutem na produção de leite no AMS (JERRAM; VAN WINDEN; FOWKES, 2020).

Uma das principais razões de descarte é a falta de adaptação ao AMS. Rodenburg (2002) verificou de zero a três descartes extras em rebanhos com média de 94 vacas, como consequência de problemas de conformação do úbere. Santos et al. (2018) observaram que o alongamento da duração da ordenha foi associado à maior quantidade de coices, pois não apenas depende da quantidade de leite, mas também do temperamento da vaca. Portanto, melhorar o temperamento é de fundamental importância do ponto de vista econômico, pois além dos animais estarem mais seguros no *box*, também pode haver queda na produção de leite e diminuição na eficiência do uso do robô.

As remoções dos acopladores podem ser a combinação de fatores como o mau funcionamento do braço (CARLSTRÖM et al., 2014), desconforto como consequência da diminuição de fluxo de leite e a pressão do sistema de vácuo ao final da ordenha (CERQUEIRA et al., 2012), ou por tetos doloridos por mastites ou por aumento na frequência de ordenha (RODENBURG, 2013). Além disso, o acúmulo de sujeira nos tetos e na câmara do braço robotizado, tetos escuros e excesso de pelo no úbere também podem ser causas de uma ordenha incompleta (SVENNERSTEN-SJAUNJA; PETTERSSON, 2008; SALFER; ENDRES; KAMMEL, 2013).

A partir dessas premissas, no presente estudo, é possível que a apresentação de coices, durante a ordenha, tenha provocado redução mais acentuada na produção de leite em vacas de maior potencial, como foi verificado na raça *Holstein*. Embora, nas mestiças, com menor produção de leite, talvez um coice não represente um comportamento associado ao estresse que afete a produção, e seja apenas um reflexo involuntário. Sabe-se que vacas mestiças têm níveis mais baixos de cortisol do que vacas da raça *Holstein*, sugerindo que o vigor híbrido melhora a capacidade das vacas de lidar com estressores (PERIC et al., 2013). Provavelmente, neste grupo genético, o rendimento do leite e comportamento durante a ordenha pode também estar associado à quantidade de alimento e às condições de condição corporal e de saúde. Portanto, estas hipóteses precisam de futuros estudos avaliando, com maior aprofundamento, o comportamento em vacas mestiças.

Avaliou-se, também, o efeito da ordem de parto nas vacas da raça *Holstein* (Tabela 4) e mestiças (Tabela 5). Existem diferenças significativas em todas as características entre as ordens de parto nos dois grupos genéticos ($P < 0,001$), exceto nas mestiças, no que se refere aos registros de ordenhas incompletas e quantidade de coices/ordenha/vaca, bem como a frequência de ordenhas. Em ambos os grupos genéticos, as vacas primíparas tiveram menor produção e fluxo de leite comparado com as vacas múltíparas ($P < 0,001$).

No que diz respeito às produções de leite em primíparas e múltíparas, os resultados são semelhantes aos obtidos por Sandrucci et al. (2007), que afirmaram que aumento da produção de leite em múltíparas também aumenta a taxa de fluxo do leite comparado com as vacas primíparas. No entanto, durante o período de transição de uma ordenha convencional e um AMS, foram encontradas diminuições na produção de leite nos primeiros dias pós-primeiro evento de ordenha (WEISS et al., 2004). Segundo Jacobs, Ananyeva e Siegford (2012), durante as primeiras 24 horas pós-primeiro evento de ordenha no AMS, a produção média por vaca diminuiu em quase 13 kg, recuperando a produção nos quatro dias seguintes.

Tabela 4 - Efeito da ordem de parto sobre características de vacas da raça *Holstein* ordenhadas por sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo *feed first*, em rebanho comercial no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba – MG.

Características	Ordem de parto												P-valor
	Primíparas						Multíparas						
	Média	DP	Min	Max	Var	CV	Média	DP	Min	Max	Var	CV	
<i>Ordenhabilidade</i>													
Tempo no <i>box</i> (minutos)	7,46	2,01	3,87	20,00	4,06	0,27	6,70	1,62	3,77	18,05	2,63	0,24	<0,001
Eficiência na ordenha (kg/minuto)	1,95	0,50	0,02	3,69	0,25	0,25	2,19	0,53	0,34	4,26	0,28	0,24	<0,001
Fluxo do leite (kg/min/úbere)	3,07	1,07	0,30	8,07	1,15	0,24	3,39	1,29	1,56	10,14	1,67	0,26	<0,001
<i>Comportamento</i>													
<i>Handling time</i> (minutos)	2,94	1,54	0,32	14,63	2,36	0,52	2,51	1,15	0,32	13,98	1,32	0,46	<0,001
Ordenhas incompletas (quantidade/vaca/dia)	0,10	0,33	0,00	3,00	0,11	3,37	0,07	0,30	0,00	3,00	0,09	4,18	<0,001
Ordenhas com coices (quantidade/vaca/dia)	0,13	0,40	0,00	3,00	0,16	3,06	0,07	0,29	0,00	4,00	0,08	4,14	<0,001
<i>Outras</i>													
Produção de leite/ordenha (kg)	13,88	2,90	0,11	29,51	8,42	0,21	14,21	3,00	2,48	29,87	9,00	0,21	<0,001
Média do intervalo das ordenhas (horas)	9,22	2,31	5,02	23,83	5,36	0,25	8,35	2,04	5,01	23,96	4,17	0,24	<0,001
Frequência de ordenhas (quantidade)	2,55	0,71	1,00	5,00	0,50	0,28	2,67	0,73	1,00	5,00	0,53	0,27	<0,001
Tempo de ordenha (minutos)	4,51	1,28	0,87	10,59	1,63	0,28	4,19	1,15	1,71	10,70	1,33	0,27	<0,001

DP: Desvio padrão; Min: Mínimo; Max: Máximo; Var: variância; CV: coeficiente de variação. *Médias analisadas pelo teste *t* a 5% de significância.

Tabela 5 - Efeito da ordem de parto sobre características de vacas mestiças *Holstein* x *Jersey*, ordenhadas por sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo *feed first*, em rebanho comercial no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba – MG.

Características	Ordem de parto												P-valor
	Primíparas						Multíparas						
	Média	DP	Min	Max	Var	CV	Média	DP	Min	Max	Var	CV	
<i>Ordenhabilidade</i>													
Tempo no <i>box</i> (minutos)	6,86	1,71	3,60	18,80	2,94	0,25	6,44	1,79	3,73	19,60	3,20	0,28	<0,001
Eficiência na ordenha (kg/minuto)	1,86	0,47	0,04	4,17	0,22	0,25	2,12	0,55	0,08	3,92	0,31	0,25	<0,001
Fluxo do leite (kg/min/úbere)	3,03	1,03	0,54	7,89	1,05	0,24	3,34	1,28	0,54	9,84	1,64	0,25	<0,001
<i>Comportamento</i>													
<i>Handling time</i> (minutos)	2,79	1,32	0,32	14,81	1,75	0,47	2,51	1,17	0,35	12,63	1,37	0,47	<0,001
Ordenhas incompletas(quantidade/vaca/dia)	0,08	0,31	0,00	4,00	0,10	3,72	0,09	0,34	0,00	4,00	0,11	3,75	0,274
Ordenhas com coices (quantidade/vaca/dia)	0,10	0,36	0,00	4,00	0,13	3,40	0,10	0,35	0,00	3,00	0,12	3,54	0,175
<i>Outras</i>													
Produção de leite/ordenha (kg)	12,35	3,05	0,13	31,48	9,32	0,25	13,14	3,18	0,44	28,50	10,08	0,24	<0,001
Média do intervalo das ordenhas (hora)	9,17	2,15	5,04	23,66	4,61	0,23	8,74	2,09	5,03	23,94	4,35	0,24	<0,001
Frequência de ordenhas (quantidade)	2,60	0,69	1,00	5,00	0,47	0,26	2,62	0,70	1,00	5,00	0,50	0,27	0,097
Tempo de ordenha (minutos)	4,07	1,12	0,74	10,37	1,25	0,27	3,93	1,35	1,06	12,70	1,82	0,34	<0,001

DP: Desvio padrão; Min: Mínimo; Max: Máximo; Var: variância; CV: coeficiente de variação. *Médias analisadas pelo teste *t* a 5% de significância.

As vacas primíparas demoraram mais tempo no *box* em comparação com as multíparas ($P < 0,001$) nas vacas da raça *Holstein* (Tabela 4) e nas mestiças (Tabela 5). Tal fato pode ser devido à ausência do treinamento inicial para serem ordenhadas no robô. As vacas primíparas provavelmente se sentem mais desconfortáveis e até nervosas, provocando um tempo extra de ordenha, podendo ter maior movimento no *box* e dando coices que impediriam o braço automatizado encontrar os tetos.

Em contraste, resultados relatados por Carlström et al. (2013) mostraram que as primíparas tiveram menos tempo no *box* do que as multíparas, em vacas da raça *Swedish Holstein* e *Swedish Red*. Esses autores relatam menor *handling time* de 2,5 min, comparado ao presente estudo de 2,7 e 2,9 min, o que poderia ser uma razão para o maior tempo no *box*. Sabe-se que vacas mais dóceis apresentam menor tempo no *box*, associado a menor *handling time* (CARLSTRÖM et al., 2016). Fatores como temperamento e conformação do úbere tem correlação positiva com o *handling time* na ordenha (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

As vacas primíparas da raça *Holstein* apresentaram maior registro de ordenhas com coices e ordenhas incompletas quando comparadas com as multíparas ($P < 0,001$) (Tabela 4).

Os valores das médias e quantidade máxima de coices devem ser interpretados com cautela, pois os coices também podem ser definidos como falhas de fixação das teteiras. Além disso, existem fatores que podem criar diferenças nos resultados, incluindo a duração dos períodos de estudo e dos cálculos de medida, como por exemplo, em porcentagem resumida por lactação/vaca (CARLSTRÖM et al., 2016), quantidade de observações por ordenhas, resumidas em uma observação diária/vaca (SANTOS et al., 2018; WETHAL; HERINGSTAD, 2019), ou quantidade de fixações das teteiras para cada quarto do úbere (STEPHANSEN; FOGH; NORBERG, 2018).

De acordo com Siewert, Salfer e Endres (2019), uma combinação de fatores podem criar falhas na fixação das teteiras e gerar diferenças entre as ordens de parto. O aparente resultado de bom comportamento das vacas multíparas durante a ordenha pode ser devido a que vacas primíparas estão em processo de aprendizagem para interagir com o AMS e também resultados de possíveis descartes. Ainda, segundo esses pesquisadores, há que se considerar, ainda, que falhas de fixação também acontece quando o robô está em fase de aprendizado do posicionamento dos tetos pelas mudanças na conformação do úbere ao longo da lactação, temperamento ou outros problemas.

O comportamento na ordenha voluntária também pode afetar a produção de leite. Por existir uma estrutura hierárquica do rebanho, as vacas primíparas, mais leves e de menor tamanho, são consideradas subordinadas pelas suas companheiras de rebanho, as multíparas mais pesadas (JACOBS; ANANYEVA E SIEGFORD, 2012). Deste modo, as interações sociais negativas na sala de espera do AMS podem reduzir a motivação das visitas (PHILLIPS; RIND, 2001). Vacas de alto rendimento no AMS tendem a ter maiores frequências de ordenha, comparado com vacas de baixa produção (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011) e no final da lactação (HOGENBOOM et al., 2019).

Podem ser implementadas práticas para treinamento ao robô. De acordo com Jago e Kerrisk (2011), a pré-exposição de 3 a 5 dias a ruídos típicos e movimentos mecânicos dentro do *box*, parece melhorar a facilidade de entrada no AMS após a primeira ordenha. Independentemente do nível de pré-exposição, as vacas primíparas parecem se adaptar ao AMS mais rapidamente do que as multíparas. No presente estudo, pode ser que as vacas primíparas acostumadas na ordenha convencional, depois de terem sua primeira ida ao AMS, tenham ficado mais ansiosas durante a ordenha, e apresentado menor motivação de revisitá-lo.

Em ambos os grupos genéticos, as vacas primíparas tiveram maiores intervalos de ordenha, comparado com as multíparas ($P < 0,001$) (Tabelas 4 e 5). A frequência de ordenha foi menor nas primíparas do que as multíparas na raça *Holstein* ($P < 0,001$); e semelhante nas mestiças ($P = 0,097$).

De acordo com vários estudos, podem existir diferenças entre ordens de parto, em sistemas de tráfego de fluxo guiado, dos intervalos e frequências de ordenha, atribuídos às estratégias de agrupamento de vacas primíparas e pela quantidade de vacas por unidade do AMS. De acordo com Penry et al. (2018), são menores os intervalos de ordenhas, principalmente no estágio inicial da lactação, em vacas primíparas (7,8 horas), comparado com as multíparas (8,7 horas). Em contraste, Siewert, Salfer e Endres (2019) encontraram menores frequências de ordenhas nas primíparas, principalmente nos primeiros estágios da lactação, em sistemas de tráfego guiado. Entretanto, Munksgaard (2011) não encontrou diferenças notáveis na frequência das ordenhas entre as ordens de parto.

Ainda, existem divergências com os resultados que relatam menor quantidade de refeições diárias e de maior duração da refeição em sistemas de tráfego guiado (BACH; BUSTO, 2005; MELIN et al., 2007), que poderia levar a uma tendência de maiores taxas de

cetose subclínica pelo aumento na frequência de ordenhas e baixo consumo, no período inicial da lactação associado com um balanço energético negativo um pouco mais severo (WENZEL; NITZSCHKE, 2004).

No entanto, como foi observado neste estudo, pode ser que as vacas primíparas sejam as mais afetadas depois dos 20 dias pós-primeiro evento de ordenha no AMS, associado à falta de adaptação inicial, o que parece dificultar seu potencial de desempenho produtivo na ordenha. Tal fato evidencia que o treinamento das primíparas pode ser necessário, visto que a sua falta poderia estar associado aos resultados indesejáveis de comportamento, quando elas são ordenhadas pela primeira vez no AMS. O desenvolvimento de pesquisas visando melhorar a adaptação das vacas primíparas no AMS é necessário.

4 CONCLUSÕES

Quanto à comparação entre raças, as vacas Holsteins mostraram características de ordenhabilidade mais favoráveis em relação ao fluxo de leite, eficiência da ordenha e maior produção de leite; enquanto que as vacas mestiças *Holstein* x Jersey tiveram menor tempo no box. As vacas multíparas apresentam características de ordenhabilidade mais favoráveis em relação ao tempo no box, fluxo de leite e eficiência da ordenha.

Não houve diferenças significativas entre os grupos genéticos em relação à quantidade de coices e ordenhas incompletas; no grupo das vacas da raça Holstein, as primíparas tiveram maiores quantidades de coices e ordenhas incompletas; enquanto que no grupo das mestiças, a ordem de parto não afetou estas características.

REFERÊNCIAS

BACH, A.; BUSTO, I. Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. **Journal of Dairy Research**, 72, n. 1, p. 101-106, 2005.

BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of dairy science**, 100, n. 9, p. 7720-7728, 2017.

CARLSTRÖM, C.; PETTERSSON, G.; JOHANSSON, K.; STRANDBERG, E.; STÅLHAMMAR, H.; PHILIPSSON, J. Feasibility of using automatic milking system data from commercial herds for genetic analysis of milkability. **Journal of dairy science**, 96, n. 8, p. 5324-5332, 2013.

CARLSTRÖM, C.; STRANDBERG, E.; JOHANSSON, K.; PETTERSSON, G.; STÅLHAMMAR, H.; PHILIPSSON, J. Genetic evaluation of in-line recorded milkability from milking parlors and automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 97, n. 1, p. 497-506, 2014.

CARLSTRÖM, C.; STRANDBERG, E.; PETTERSSON, G.; JOHANSSON, K.; STÅLHAMMAR, H.; PHILIPSSON, J. Genetic associations of teat cup attachment failures, incomplete milkings, and handling time in automatic milking systems with milkability, temperament, and udder conformation. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science**, 66, n. 2, p. 75-83, 2016.

CASTRO, A.; PEREIRA, J.; AMIAMA, C.; BUENO, J. Estimating efficiency in automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 95, n. 2, p. 929-936, 2012.

CERQUEIRA, J. L.; ARAÚJO, J. P.; SORENSEN, J. T.; NIZA-RIBEIRO, J. Alguns indicadores de avaliação de bem-estar em vacas leiteiras—revisão Some indicators for the assessment of welfare in dairy cows—a review. **Revista Portuguesa De Ciencias Veterinarias**, p. 5-19, 2012.

GÄDE, S.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KALM, E. Estimates of genetic parameters for milkability from automatic milking. **Livestock Science**, 104, n. 1-2, p. 135-146, 2006.

HERINGSTAD, B.; KJØREN BUGTEN, H. Genetic evaluations based on data from automatic milking systems. *In*: Conference ICAR, Berlin, 2014, DOI: 10.13140/2.1.4961.7280. 2014

HOGENBOOM, J.; PELLEGRINO, L.; SANDRUCCI, A.; ROSI, V.; D'INCECCO, P. Invited review: Hygienic quality, composition, and technological performance of raw milk obtained by robotic milking of cows. **Journal of dairy science**, 102, n. 9, p. 7640-7654, 2019.

HOGVEEN, H.; OUWELTJES, W.; DE KONING, C.; STELWAGEN, K. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. **Livestock production science**, 72, n. 1-2, p. 157-167, 2001.

HOPSTER, H.; BRUCKMAIER, R.; VAN DER WERF, J.; KORTE, S.; MACUHOVA, J.; KORTE-BOUWS, G.; VAN REENEN, C. Stress responses during milking; comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 85, n. 12, p. 3206-3216, 2002.

JACOBS, J.; ANANYEVA, K.; SIEGFORD, J. Dairy cow behavior affects the availability of an automatic milking system. **Journal of dairy science**, 95, n. 4, p. 2186-2194, 2012.

JERRAM, L. J.; VAN WINDEN, S.; FOWKES, R. C. Minimally Invasive Markers of Stress and Production Parameters in Dairy Cows before and after the Installation of a Voluntary Milking System. **Animals**, 10, n. 4, p. 589, 2020.

KING, M.; DEVRIES, T. Graduate Student Literature Review: Detecting health disorders using data from automatic milking systems and associated technologies. **Journal of dairy science**, 101, n. 9, p. 8605-8614, 2018.

LOPES, B. Bioestatísticas: conceitos fundamentais e aplicações práticas. **Rev. bras. oftalmol**, p. 16-22, 2014.

LOPES, M.; DEMEU, F.; COSTA, G.; ROCHA, C.; ABREU, L.; SANTOS, G. d.; FRANCO NETO, A. Influência da contagem de células somáticas sobre o impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, 78, n. 4, p. 493-499, 2011.

LOPES, M.; DEMEU, F.; COSTA, G.; ROCHA, C.; BRUHN, F. REPRESENTATIVIDADE DE DIFERENTES FATORES NO IMPACTO ECONÔMICO DA MASTITE EM REBANHOS LEITEIROS1. **Boletim de Indústria Animal**, 74, n. 2, p. 135-147, 2017.

LOPES, M.; DEMEU, F.; DA ROCHA, C.; DA COSTA, G.; FRANCO NETO, A.; SANTOS, G. d. Avaliação do impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, 79, n. 4, p. 477-483, 2012.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; DE MELO CARVALHO, F.; REIS, R. P.; SANTOS, Í. C.; SARAIVA, F. H. Efeito da escala de produção nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG): um estudo multicaseos. **Boletim de Indústria Animal**, 63, n. 3, p. 177-188, 2006.

LOPES, M. A.; SIMÕES, L. M.; BRITO, S. C.; ROSSI, G.; CONTI, L.; BARBARI, M. Robotização na ordenha: por ela eu ponho minha mão no fogo? *In*: Encontro da pecuária leiteira da Scot Consultoria, 2019, São Paulo. p. 261-268.

LØVENDAHL, P.; LASSEN, J.; CHAGUNDA, M., 2011, **Genetic analysis of milkability, milking frequency, milk yield and composition in automatically milked cows**. 80.

MACULAN, R.; LOPES, M. Ordenha robotizada de vacas leiteiras: uma revisão. **B. Industr. Anim.**, 73, n. 1, p. 80-87, 2016.

MELIN, M.; PETTERSSON, G.; SVENNERSTEN-SJAUNJA, K.; WIKTORSSON, H. The effects of restricted feed access and social rank on feeding behavior, ruminating and intake for cows managed in automated milking systems. **Applied Animal Behaviour Science**, 107, n. 1-2, p. 13-21, 2007.

MUNKSGAARD, L.; RUSHEN, J.; DE PASSILLÉ, A.; KROHN, C. C. Forced versus free traffic in an automated milking system. **Livestock science**, 138, n. 1-3, p. 244-250, 2011.

PAIVA, C. A. V.; PEREIRA, L. G. R.; TOMICH, T. R.; POSSAS, F. P. Sistema de ordenha automático. **Embrapa Gado de Leite-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

PENRY, J.; CRUMP, P.; HERNANDEZ, L.; REINEMANN, D. Association of milking interval and milk production rate in an automatic milking system. **Journal of dairy science**, 101, n. 2, p. 1616-1625, 2018.

PERIC, T.; COMIN, A.; CORAZZIN, M.; MONTILLO, M.; CAPPÀ, A.; CAMPANILE, G.; PRANDI, A. Hair cortisol concentrations in Holstein-Friesian and crossbreed F1 heifers. **Journal of dairy science**, 96, n. 5, p. 3023-3027, 2013.

PHILLIPS, C.; RIND, M. The effects on production and behavior of mixing uniparous and multiparous cows. **Journal of Dairy Science**, 84, n. 11, p. 2424-2429, 2001.

PORCIONATO, M. A. d. F.; SOARES, W. V. B.; REIS, C. B. M. d.; CORTINHAS, C. S.; MESTIERI, L.; SANTOS, M. V. d. Milk flow, teat morphology and subclinical mastitis prevalence in Gir cows. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45, n. 12, p. 1507-1512, 2010.

RODENBURG, J., 2002, **Robotic milkers: What, where... and how much**. 118.

RODENBURG, J. Success factors for automatic milking. *In: Proceedings of the precision dairy conference and expo; a conference on precision dairy technologies, 2013, Precision Dairy Conference, Mayo Civic Center, Rochester, Minnesota* p. 21-34.

SALFER, J.; ENDRES, M.; KAMMEL, D., 2013, **Housing, Management and Animal Welfare Characteristics of Farms Using Automatic Milking Systems**. 35-36.

SALFER, J.; ENDRES, M.; LAZARUS, W.; MINEGISHI, K.; BERNING, B. Dairy robotic milking systems—what are the economics. **University of Minnesota, eXtension, January, 2019**.

SALFER, J.; MINEGISHI, K.; LAZARUS, W.; BERNING, E.; ENDRES, M. Finances and returns for robotic dairies. **Journal of Dairy Science**, 100, n. 9, p. 7739-7749, 2017.

SANDRUCCI, A.; TAMBURINI, A.; BAVA, L.; ZUCALI, M. Factors affecting milk flow traits in dairy cows: results of a field study. **Journal of dairy science**, 90, n. 3, p. 1159-1167, 2007.

SANTOS, L. V.; BRÜGEMANN, K.; EBINGHAUS, A.; KÖNIG, S. Genetic parameters for longitudinal behavior and health indicator traits generated in automatic milking systems. **Archives Animal Breeding**, 61, n. 2, p. 161-171, 2018.

SIEWERT, J.; SALFER, J.; ENDRES, M. Milk yield and milking station visits of primiparous versus multiparous cows on automatic milking system farms in the Upper Midwest United States. **Journal of dairy science**, 102, n. 4, p. 3523-3530, 2019.

SIMÕES FILHO, L. M.; LOPES, M. A.; BRITO, S. C.; ROSSI, G.; CONTI, L.; BARBARI, M. Robotic milking of dairy cows: a review. **Semina: Ciências Agrárias**, 41, n. 6, p. 2833-2850, 2020.

STEENEVELD, W.; TAUER, L.; HOGVEEN, H.; LANSINK, A. O. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. **Journal of Dairy Science**, 95, n. 12, p. 7391-7398, 2012.

STEPHANSEN, R.; FOGH, A.; NORBERG, E. Genetic parameters for handling and milking temperament in Danish first-parity Holstein cows. **Journal of dairy science**, 101, n. 12, p. 11033-11039, 2018.

SVENNERSTEN-SJAUNJA, K.; PETTERSSON, G. Pros and cons of automatic milking in Europe. **Journal of Animal Science**, 86, n. suppl_13, p. 37-46, 2008.

VOSMAN, J.; POPPE, H.; MULDER, H.; ASSEN, A.; DUCRO, B.; GERRITS, A.; VESSEUR, C.; BOES, J.; EDING, H.; DE JONG, G., 2018, **Automatic milking system, a source for novel phenotypes as base for new genetic selection tools**. -

WEISS, D.; HELMREICH, S.; MOSTL, E.; DZIDIC, A.; BRUCKMAIER, R. Coping capacity of dairy cows during the change from conventional to automatic milking. **Journal of animal science**, 82, n. 2, p. 563-570, 2004.

WENZEL, C.; NITZSCHKE, A. Study on the incidence of ketosis in dairy cows in an automatic milking system versus a conventional milking system. *In: **Automatic Milking. A Better Understanding***: Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 2004. p. 184-185.

WENZEL, C.; SCHÖNREITER-FISCHER, S.; UNSHELM, J. Studies on step-kick behavior and stress of cows during milking in an automatic milking system. **Livestock Production Science**, 83, n. 2-3, p. 237-246, 2003.

WETHAL, K.; HERINGSTAD, B. Genetic analyses of novel temperament and milkability traits in Norwegian Red cattle based on data from automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 102, n. 9, p. 8221-8233, 2019.

ARTIGO 2

AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE ORDENHABILIDADE E COMPORTAMENTO DE VACAS ORDENHADAS EM SISTEMAS ROBOTIZADOS DO TIPO *MILK FIRST*

Flor Angela Niño Rodriguez¹; Marcos Aurélio Lopes^{1*}; André Luis Ribeiro Lima¹, Gercílio Alves de Almeida Júnior²; André Luiz Monteiro Novo³; Artur Chinelato de Camargo³; Matteo Barbari⁴; Sergio Corrêa Brito⁵; Eduardo Mitke Brandão Reis⁶; Flávio Alves Damasceno¹.

¹ Universidade Federal de Lavras; ² Universidade Federal de Espírito Santo; ³ Embrapa Gado de Leite; ⁴ Università degli Studi di Firenze; ⁵ DeLaval Brasil; ⁶ Universidade Federal do Acre; *malopes@ufla.br.

RESUMO

Objetivou-se analisar características de ordenhabilidade e de comportamento de vacas leiteiras de diferentes ordens de parto, em sistemas de ordenha robotizada do tipo *milk first*. Os dados são oriundos de rebanho comercial situado na região Centro Oeste - MG, que utiliza sistema de ordenha automática (AMSTM, DeLaval) contendo 26.574 observações, de 235 vacas da raça *Holstein*. Registros diários de características de ordenhabilidade como fluxo do leite (FL); tempo no *box* (TB) e eficiência na ordenha (EO); bem como características de comportamento: *handling time* na ordenha (HT); ordenhas incompletas (OIN); e coices (COI). Além delas, foram analisados outros dados obtidos no robô ordenhador, como tempo de ordenha (TO), frequência (FO) e intervalo de ordenhas (IO). Foram avaliados por análise de variância multivariada e teste *Tuckey*, utilizando-se o programa estatístico *SPSS* versão 22. As características de ordenhabilidade FL e EO foram mais favoráveis para as multíparas (P<0,01), enquanto TB foi mais favorável nas primíparas (P<0,01). Os valores das características de comportamento HT foram melhores nas primíparas (P<0,01). Vacas primíparas apresentaram maiores quantidades de COI (P<0,001) e multíparas, maiores de OIN (P<0,001). As OIN revelaram terem maior relação em termos de redução na produção de leite em 26,6% nas vacas primíparas e 26,7% nas multíparas (P<0,01). Os COI diminuíram a produção de leite por ordenha em 3,2% nas vacas primíparas (P<0,01), enquanto que nas multíparas diminuí 2,0% (P<0,01). As vacas multíparas apresentam características de ordenhabilidade mais favoráveis em relação ao fluxo do leite e eficiência de ordenha, bem como maior produção de leite por ordenha; enquanto que primíparas apresentam menor tempo no *box* em sistemas robotizados de ordenha. Quanto às características de comportamento, as vacas primíparas apresentam maiores quantidades de coices; enquanto as multíparas, maiores quantidades de ordenhas incompletas.

Palavras-chave: automação; bovinocultura leiteira; eficiência de ordenha; sistema de ordenha automático; temperamento; zootecnia de precisão.

ASSESSMENT OF MILKABILITY AND BEHAVIOR TRAITS IN COWS MILKED IN ROBOTIC SYSTEMS TYPE MILK FIRST

ABSTRACT

The objective was to analyze milkability and behavior traits of dairy cows of different calving orders, in *milk first* robotic milking systems. The data comes from a commercial herd located in the region Midwest - MG, which uses an automatic milking system (AMSTM, DeLaval) containing 26,574 observations, of 235 Holstein breed cows. Daily records of milkability traits as average flow rate (FR), box time (BT), handling time (HT) and milking efficiency (ME); as well as behavior traits: handling time (HT), incomplete milkings (IM) and kick-offs (KO). In addition to these variables, other data obtained from the milking system were analyzed, such as milking time (MT), milking frequency (MF) and milking interval (MI). They were evaluated by multivariate analysis of variance and Tukey test, using the statistical program SPSS version 22. The milkability traits such as FR and ME were more favorable for multiparous cows ($P < 0.01$), while BT was more favorable in primiparous cows ($P < 0.01$). The values of HT behavior traits were better in primiparous cows ($P < 0.01$). Primiparous cows showed higher amounts of KO ($P < 0.001$), and multiparous cows higher IM ($P < 0.001$). The IM showed a greater relationship in terms of reduced milk production by 26.6% in primiparous cows and 26.7% in multiparous cows ($P < 0.01$). KO decreased milk production by milking in 3.2% in primiparous cows ($P < 0.01$), while in multiparous cows it decreased 2.0% ($P < 0.01$). Multiparous cows have more favorable milkability traits in relation to milk flow and milking efficiency, as well as greater milk production by milking; while primiparous cows showed less time in the box in robotic milking systems. As for behavior traits, primiparous cows have higher amounts of kick-offs; while multiparous cows showed higher quantities of incomplete milking.

Key words: automation; automatic milking system; behavior; dairy farming; milking efficiency; precision livestock farming;

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos têm impulsionado a pecuária leiteira ao crescimento da produção para satisfazer as necessidades de consumo de uma população crescente. A atividade leiteira no Brasil busca aumentar a produção de leite em um mercado mundial inovador e competitivo. Os sistemas de ordenha robotizados, também conhecidos como AMS (*Automatic Milking System*) ou VMS (*Voluntary Milking System*), são inovações bem-sucedidas no desenvolvimento da bovinocultura leiteira, automatizando atividades complicadas e repetitivas da ordenha. Sua utilização oferece outra opção de produzir leite.

Segundo Salfer et al. (2019), existem aproximadamente 35.000 unidades robóticas no mundo. A maioria está na América do Norte e Europa (UTSUMI; INSUA, 2019).

Robôs ordenhadores, no Brasil, são uma novidade razoavelmente recente. O primeiro foi instalado em 2012, pela empresa DeLaval, em um projeto no estado do Paraná. Entretanto, trata-se de uma realidade presente e cada vez maior, pois o problema da mão de obra no país, cada vez mais cara, pouco capacitada e difícil de se manter na fazenda, é inexorável (SIMÕES FILHO et al., 2020). No entanto, investir em equipamentos onerosos não garante maior eficiência na produção de leite. Há que se considerar, ainda, que grandes quantidades de registros emitidos pelo AMS, de acordo com King e Devries (2018), podem sobrecarregar os produtores. Assim, surge a questão de como fazer o melhor uso desses dados para realizar a seleção de vacas adequadas para o equipamento.

Em sistemas de ordenha robotizados, é possível selecionar vacas com melhores condições de desempenho na ordenha, pois ele fornece dados de várias características de ordenhabilidade e comportamento. A ordenhabilidade é definida como a avaliação do rendimento durante a ordenha e inclui as características de taxa de fluxo do leite e tempo no *box* (GÄDE et al., 2006) e eficiência na ordenha (VOSMAN et al., 2018). Características comportamentais incluem *handling time*¹ na ordenha, ordenhas incompletas e coices (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Desta forma, se faz necessário que, no Brasil, se desenvolvam mais pesquisas que gerem conhecimentos sobre o uso desta tecnologia, sendo, de fato, necessário analisar as características de ordenhabilidade e comportamento do animal que sejam mais favoráveis durante a ordenha. Aumentar o conhecimento nas características inerentes ao animal, em condições brasileiras, contribuirá com informações para produtores e técnicos interessados em adotar esta tecnologia e, para aqueles que já utilizam, permitirá adequar ações na gestão do rebanho, o que é refletido na produtividade de leite, melhorando a rentabilidade do alto investimento. Considerando-se os aspectos apresentados, bem como a importância do tema na pecuária leiteira, objetivou-se analisar algumas características de ordenhabilidade e

¹ *Handling time* (HT): inclui o tempo desde a entrada da vaca no *box* de ordenha até o início da ordenha (tempo para detecção do teto, lavagem, estimulação e pré-ordenha) + o tempo após a ordenha até que o portão de entrada seja aberto para permitir a entrada da próxima vaca. (CARLSTRÖM et al., 2016); *Handling time* (HT): tempo no AMS antes e depois da ordenha, em minutos (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

comportamentais de vacas leiteiras em sistemas de ordenha voluntária com tráfego guiado do tipo *milk first*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de um rebanho leiteiro comercial com tráfego guiado do tipo *milk first*, localizado na região Centro Oeste de Minas Gerais, usando quatro sistemas de ordenha automática (AMSTM, DeLaval, Tumba, Suécia), referentes ao período de setembro de 2019 a março de 2020 (estação chuvosa do ano). A propriedade desenvolve a pecuária leiteira em sistema intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação em galpões do tipo *compost barn*.

Foram utilizadas 61.800 informações de ordenhas diárias de 241 vacas da raça *Holstein* com várias ordens de parto, agrupadas como primíparas ou múltiparas. O conjunto de dados brutos (inicial) foi processado utilizando-se o software DelProTM (DeLaval, Tumba, Suécia).

No sistema *milk first* as vacas obrigatoriamente, por meio de portões selecionadores e direcionadores, devem passar pelo robô primeiro, serem ordenhadas, para depois conseguirem acessar a pista de alimentação e retornarem à área de cama (SIMÕES FILHO et al., 2020). Quanto às primíparas, elas não recebem treinamento no AMS antes do parto, sendo introduzidas ao AMS no primeiro dia pós-parto, quando são conduzidas pelo funcionário para a sala de espera e guiadas ao robô para serem ordenhadas pela primeira vez. As primeiras ordenhas foram realizadas com a supervisão de um funcionário que, durante os dias seguintes, deu maior atenção visual para elas; e também, se fosse o caso, em atrasos nos horários de permissão de ordenha, eram buscadas e conduzidas ao AMS.

Os dados selecionados para o estudo foram exportados do software em relatórios de tabelas do programa *Microsoft Office Excel*. Na coleta de dados, de acordo com a metodologia de Carlström et al. (2013), foram usados os relatórios do AMS que continham informações sobre: a) a identificação da vaca: número, dias em lactação (DEL), ordem de parto (OP; 1 e mais de 1 parto) e grupo genético; b) dados da ordenha, como data e hora de entrada (hora de início) e saída (hora de término) de cada visita, tempo de ordenha (minutos), último intervalo de ordenhas (IO; horas) e frequência de ordenhas (FO); c) informações sobre a produção de leite (PL; kg), taxa de fluxo médio do leite (FML; kg/min) e taxa do pico de

fluxo de leite (FPL; kg/min) em cada quarto do úbere; d) problemas durante a ordenha, como quantidade de ordenhas incompletas (OIN), coices (COI) e tetos não encontrados.

Na edição de dados, foram excluídos registros de tempo no *box* menores do que 1 ou maiores do que 20 minutos, *handling time* abaixo de 0,3 e acima de 15 minutos, assim como registros sem observação da produção de leite. Registros claramente inconsistentes com os padrões normais em relação à variação com o intervalo de ordenha, tempo no *box*, produção de leite e taxa de fluxo médio e pico também foram excluídos, também como células vazias nestas características (CARLSTRÖM et al., 2016). Foram considerados como período de lactação entre 5 até 305 dias após o parto. Para agrupar os dados de produção e velocidade de ordenha foi utilizada a metodologia de Wethal e Heringstad (2019), onde foram considerados todos os registros em que a produção de leite foi ≤ 50 kg, no total por ordenha, e ≤ 13 kg por quarto úbere por ordenha, assim como que o máximo do fluxo médio do leite fosse 3 kg leite/minuto e o máximo do fluxo pico do leite fosse 4 kg leite/minuto, em qualquer dos quartos do úbere.

O conjunto de registros de ordenhas foi resumido em uma observação por vaca por dia, considerando as características de ordenhabilidade e comportamento como médias diárias de tempo no *box*, fluxo do leite, eficiência de ordenha, *handling time* e intervalos de ordenha (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). A frequência de ordenha, coices e ordenhas incompletas eram somas diárias. Posteriormente foi realizada a análise estatística.

Foram analisadas as seguintes características de ordenhabilidade, obtidas de registros do AMS: a) Taxas de fluxo do leite médio e pico: conforme metodologia de Wethal e Heringstad (2019), as taxas de fluxo do leite médio e pico (kg de leite por minuto de ordenha) foram medidas por cada quarto do úbere em uma ordenha. Foram usadas as médias dos valores de fluxo médio de leite e picos dos quartos separadamente para se obter registro único por ordenha de cada uma dessas duas características. b) Tempo no *box*: o tempo, em minutos, desde que a vaca entrou na unidade de ordenha até sua saída, conforme a diferença entre a hora de início e de término (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011); c) Eficiência na ordenha: a produção de leite por unidade de tempo total, o valor foi calculado com a produção total de leite (kg) dos quatro quartos, em cada ordenha, dividido pelo o tempo no *box* (minutos). Assim se obteve um registro por ordenha, conforme a metodologia descrita por Heringstad e Kjøren bugten, (2014).

Além disso, foram analisados outros dados: a) Tempo de ordenha, calculado, em minutos, de acordo com a metodologia de Carlström et al. (2013). A partir dos registros de fluxo médio do leite, foi calculado como a razão entre a produção de leite (kg) e a taxa de fluxo médio do leite (kg/min) para cada quarto do úbere separadamente. Assim, ao ser calculado separadamente, o fluxo foi medido apenas durante o tempo que realmente o quarto foi ordenhado, sendo adicionados 30 segundos como uma constante ao tempo de fixação das teteiras. Dessa maneira, de acordo com Carlström et al. (2016), o tempo de ordenha da vaca é definido como o tempo de ordenha mais longo dos quatro quartos, ou seja, o tempo desde o início da ordenha até o fluxo de leite terminar, quando a última teteira foi removida; b) Intervalo de ordenhas: o tempo, em horas, obtido no AMS, como a diferença entre a hora de início da ordenha atual e a hora de início da ordenha anterior (CARLSTRÖM et al., 2013); c) Frequência de ordenhas: também obtida no AMS, foi definida como a quantidade de ordenhas por dia (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Foram analisadas três características de comportamento: a) *handling time* na ordenha (HT): a diferença entre tempo no box e tempo de ordenha (minutos), obtida do tempo mais longo dos quatro quartos; para obter um registro para cada ordenha (CARLSTRÖM et al., 2013); b) ordenhas incompletas (OIN): a quantidade de ordenhas diárias com um mínimo de um quarto registrado como ordenha incompleta; c) Coices: os sensores do AMS registraram a quantidade de remoções prematuras ou inesperadas das teteiras de cada quarto do úbere durante no tempo da ordenha (CARLSTRÖM et al., 2016).

Em relação à ordenha incompleta, o AMS DeLaval a considera quando a produção de leite atual for inferior a 70% da produção esperada em qualquer quarto do úbere, com base nas ordenhas anteriores das últimas 24 horas (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Segundo Carlström et al. (2016), após serem identificadas as ordenhas incompletas, foram inclusas na contagem aquelas ordenhas com registros de tetos não encontrados, determinado quando o robô não conseguiu detectar pelo menos um teto dos quatro quartos. De acordo com Carlström et al. (2013; 2016), mesmo que os coices possam resultar em ordenhas incompletas, foi decidido manter as ordenhas incompletas separado dos coices. Intervalos de ordenhas entre 5 a 30 horas, foram incluídos. Seguidamente, a característica foi definida e calculada como binária (0 ou 1) por ordenha e resumida em todas as ordenhas por dia. Uma vaca com uma ou mais ordenhas incompletas em cada sessão de ordenha e com três ordenhas diárias seria registrada como três ordenhas incompletas.

Quanto aos coices, foram considerados para cada ordenha, incluindo pelo menos uma remoção ou caída da teteira do teto de qualquer quarto. A característica foi definida como binária (0 ou 1) por ordenha e resumida em todas as ordenhas por dia. Uma vaca que registrou pelo menos um coice ou mais na ordenha, lhe foi atribuído um registro de coice, e se tivesse três ordenhas diárias, e em todas apresentou-se um registro de coice, foram registrados três coices/vaca/dia. No entanto, devido à baixa frequência de ordenhas com registros de coices e ordenhas incompletas como registro diário, realizou-se uma segunda definição de análises, resumidas em porcentagens dos dias totais de ordenhas para cada grupo genético, calculada com a seguinte fórmula:

Coices (%) ou ordenhas incompletas (%) = Quantidade de observações com coice ou ordenhas incompletas/Total observações pelo estudo.

Foram comparadas médias das características de ordenhabilidade, comportamento e outras medidas obtidas do AMS em relação grupo genético e comparadas pela ordem de parto. Utilizou-se a análise de variância ANOVA, com análises de diferenças univariadas pelo teste T; e para comparações multivariadas, usou-se teste Tukey, onde foi assumido o Teorema do Limite Central (LOPES, 2014). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa *SPSS versão 22*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto final dos dados analisados teve um total de 26.574 observações, de 235 vacas da raça *Holstein*, sendo 10.759 e 15.815 de 118 vacas primíparas e 117 multíparas, respectivamente. O efeito da ordem de parto pode ser observado na Tabela 1. Existiram diferenças significativas ($P < 0,001$) na maioria das características entre os dois grupos de ordem de parto, exceto no que se refere à média do intervalo das ordenhas. As vacas primíparas têm menor eficiência na ordenha, menor fluxo de leite e menor tempo no *box*, comparado às multíparas, que produziram 1,88 kg de leite ($P < 0,001$) a mais por ordenha.

Ao comparar os tempos no *box*, em média, as vacas multíparas demoraram 7,23 min/ordenha e as primíparas 6,76 min/ordenha, sendo estas mais rápidas em 0,47 minuto/ordenha ($P < 0,001$). Considerando a média de 57 vacas/AMS, durante o período de estudo, e a frequência de ordenhas/vaca de 2,4, que representou 136 ordenhas/dia (57 vacas x 2,4 ordenhas), pode-se inferir que com a totalidade de 63,92 minutos (0,47 min x 136 ordenhas/dia) poupados no grupo das vacas primíparas, teria sido possível ordenhar 8,8 vacas

multíparas ou 9,4 primíparas a mais, sem diminuir o tempo ocioso ou de inatividade do robô ou a frequência das ordenhas, otimizando assim, a sua utilização. Tal fato é interessante, pois, segundo Lopes et al. (2006), contribuirá na redução do custo fixo unitário referente à depreciação, melhorando a rentabilidade da atividade.

De acordo com Tremblay et al. (2016), o tempo no *box* e a frequência de ordenhas estão associados ao aumento na produção do leite por AMS; mas raramente aumentam simultaneamente. Eles relataram um tempo médio no *box* de 6,84 min/ordenha, em 2,91 ordenhas/vaca e 50,5 vacas/AMS ou 147 ordenhas/dia (50,5 vacas x 2,9 ordenhas). Isso foi observado no presente estudo, em média, os intervalos de ordenha foram similares entre os dois grupos de ordem de parto, 9,54 e 9,56 horas em primíparas e multíparas, respectivamente ($P < 0,001$) (Tabela 1), mas, a maior frequência de ordenhas e menor tempo no *box* foram obtidos com as primíparas, o que indica que o tráfego de animais pode aumentar, pois mais vacas poderiam ser ordenhadas por AMS. Tal fato, segundo Tremblay et al. (2016), permite agrupar vacas com altas velocidades de ordenha, que demoram menos tempo no *box* ou exigem menos ordenhas durante o dia.

Tabela 1- Efeito da ordem de parto sobre características de vacas ordenhadas por sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo *milk first*, em rebanho comercial no centro-oeste de Minas Gerais.

Características	Ordem de parto												P-valor
	Primíparas						Multíparas						
	Média	DP	Min	Max	Var	CV	Média	DP	Min	Max	Var	CV	
<i>Ordenhabilidade</i>													
Tempo no <i>box</i> (minutos)	6,76	1,89	3,73	16,27	3,58	0,28	7,23	1,85	3,55	19,93	3,43	0,26	<0,001
Eficiência na ordenha (kg/minuto)	1,91	0,61	0,01	4,83	0,37	0,31	2,03	0,60	0,03	4,82	0,36	0,29	<0,001
Fluxo do leite (kg/min/úbere)	2,82	1,42	0,00	9,57	2,02	0,34	2,99	1,19	0,60	8,64	1,43	0,26	<0,001
<i>Comportamento</i>													
<i>Handling time</i> (minutos)	2,40	1,03	0,31	13,17	1,06	0,43	2,49	1,05	0,30	14,04	1,10	0,42	<0,001
Ordenhas incompletas (quantidade/vaca/dia)	0,09	0,35	0,00	4,00	0,12	4,05	0,14	0,45	0,00	4,00	0,20	3,27	<0,001
Ordenhas com coices (quantidade/vaca/dia)	0,17	0,53	0,00	4,00	0,29	3,13	0,05	0,23	0,00	3,00	0,05	4,80	<0,001
<i>Outras</i>													
Produção de leite/ordenha (kg)	12,34	3,38	0,13	26,65	11,45	0,27	14,22	4,02	0,40	33,16	16,13	0,28	<0,001
Média do intervalo das ordenhas (hora)	9,54	2,55	5,02	23,99	6,52	0,27	9,56	2,64	5,01	23,99	6,98	0,28	0,582
Frequência de ordenhas (quantidade)	2,49	0,73	1,00	5,00	0,53	0,29	2,41	0,73	1,00	5,00	0,53	0,30	<0,001
Tempo de ordenha (minutos)	4,37	1,49	0,76	11,32	2,21	0,34	4,75	1,62	0,90	11,74	2,62	0,34	<0,001

DP: Desvio padrão; Min: Mínimo; Max: Máximo; Var: variância; CV: coeficiente de variação; *Médias analisadas pelo teste *t* a 5% de significância.

No presente estudo, a produção média foi de 32 kg de leite/vaca/dia com produção de 1.824 kg por AMS/dia. Tremblay et al. (2016), em 635 rebanhos norte-americanos, com média de 50 vacas produzindo 31 kg do leite por dia, obteve 1.626 kg/AMS. Fabricantes e distribuidores sugerem que 2.000 kg/AMS, de 60 vacas produzindo 33 kg/dia, é uma meta razoável para rebanhos confinados (RODENBURG, 2017); este valor é semelhante ao obtido nesta pesquisa.

Tal fato é extremamente interessante, pois, o que se deseja, na prática, ao final do dia, é obter a maior quantidade de leite produzida possível (LOPES et al., 2019). Quando a frequência de ordenhas diárias passa de duas para três vezes, a produção de leite aumenta, em média, em 14,76% (LOPES et al., 2012). Visando aumentar a viabilidade econômica do AMS, deve-se maximizar a frequência de ordenhas diárias (BACH; CABRERA, 2017). Tal fato depende das vacas visitarem voluntariamente o *box* de ordenha (MACULAN; LOPES, 2016), o que aumentará a eficiência de uso (CASTRO et al., 2012), maximizando a taxa de ocupação diária do AMS (STEENEVELD et al., 2012).

A eficiência da ordenha, em média, foi de 1,91 e 2,03 kg de leite/min ($P < 0,001$) para as vacas primíparas e multíparas, respectivamente, com diferença de 0,13 kg/min. A diferença pode ser atribuída à maior produção e altos fluxos de leite nas vacas multíparas. Os resultados são semelhantes aos relatados por Wethal e Heringstad (2019) e Løvendahl, Lassen e Chagunda (2014), quando as vacas primíparas apresentaram de eficiência de abaixo de 1,50 kg/min durante toda a curva da lactação.

As vacas primíparas apresentaram menor produção de leite por ordenha e menor fluxo de leite comparado com as multíparas ($P < 0,001$) (Tabela 1). Os resultados são semelhantes aos obtidos por Siewert, Salfer, e Endres (2019), em sistemas de fluxo guiado. As vacas primíparas apresentam curvas de lactação, biologicamente normais, de menor pico de produção e de maior persistência comparado com as multíparas. No entanto, outros fatores podem ser atribuídos às diferenças do fluxo do leite. Segundo Norman et al. (1988), as características anatômicas do gado leiteiro não são iguais para todas as raças, podendo a morfologia do úbere e do teto favorecer o desempenho de determinadas raças. De acordo com Santos et al. (2018), o tempo no *box* e o fluxo de leite são influenciados pela pressão e morfologia do úbere. Intervalos longos de ordenha levam à distensão do úbere (HOGVEEN et al., 2001); comprimentos dos tetos menores aumentam o fluxo de leite (PORCIONATO et al., 2010).

O tempo no *box* está diretamente relacionado à capacidade de vacas por robô (CARLSTRÖM et al., 2013). O menor tempo melhora o tráfego de vacas através dele (KING et al., 2018). No entanto, a eficiência de ordenha é uma característica alternativa que reflete a eficiência econômica de uso do AMS (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Assim, a vaca leiteira eficiente no AMS é aquela que fornece mais leite por minuto no *box* de ordenha (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011). Tal característica está altamente correlacionada com a velocidade de fluxo do leite (WETHAL; HERINGSTAD, 2019), sendo subjetiva e um pouco vaga, dado que o tempo de ordenha torna-se dependente da facilidade do manejo das vacas na ordenha (JACOBS; SIEGFORD, 2012b).

As vacas multíparas tiveram maior tempo de ordenha e maior produção de leite ($P < 0,001$) (Tabela 1). Carlström et al. (2013) relatam menores tempos de ordenha em primíparas (4,58 min) e maiores em multíparas (4,97 min) com produções médias de leite, por ordenha, de 12,06 a 14,92 kg, respectivamente; tais tempos são semelhantes aos observados no presente trabalho. O aumento do fluxo de leite nas multíparas ($P < 0,001$; Tabela 1) pode estar relacionado às condições anatômicas dos tetos, com menores comprimentos, e intervalos mais longos entre as ordenhas. Segundo Norman et al. (1988), as características anatômicas do gado leiteiro não são iguais para todas as raças, podendo a morfologia do úbere e do teto favorecer o desempenho de determinadas raças.

O efeito da ordem de parto sobre algumas características de comportamento de vacas leiteiras pode ser observado na Tabela 2. As vacas primíparas apresentaram maiores quantidades de observações com coices; enquanto que para a quantidade de ordenhas incompletas, o número foi maior nas multíparas. Nas vacas primíparas, a produção de leite por ordenha diminuiu 3,2% ($P < 0,001$) à medida que os registros de ordenhas com coices aumentaram; enquanto que, nas multíparas, diminuiu 2,0% ($P < 0,05$). A quantidade de ordenhas incompletas revelou terem maior relação em termos de redução na produção em 26,6% nas primíparas e 26,7% nas multíparas ($P < 0,001$). Esses resultados demonstram, conforme relatado por Carlström et al. (2014) e Wethal e Heringstad (2019), que problemas de falhas na fixação das teteiras devido a coices ou ordenhas incompletas são consideradas características indesejáveis nas vacas e reduzem a eficiência do uso do AMS. Dar coices durante a ordenha é mais frequente em vacas nervosas e ansiosas, independentemente da raça (METZ-STEFAKOWSKA et al., 1992); enquanto que a característica ordenhas incompletas está relacionada aos efeitos associados à morfologia do úbere ou posicionamento dos tetos

Tabela 2 - Efeito da ordem de parto sobre características de comportamento de vacas leiteiras ordenhadas em sistemas automáticos (AMS) com tráfego guiado do tipo *milk first*, em rebanho comercial no centro-oeste de Minas Gerais

Ordem de parto	Quant. de obs.	% obs.	PL ¹	DP	CV	Quant. de obs.	% obs.	PL	DP	CV	P-valor
	Ordenha sem coices ²					Ordenhas com coices ³					
Primíparas	9.510	88,4	12,3a	3,40	0,27	1.249	11,6	11,9b	3,17	0,27	<0,001
Multíparas	15.114	95,6	14,5a	4,04	0,28	701	4,4	14,2b	3,45	0,24	0,041
Ordem de parto	Ordenhas completas ²					Ordenhas incompletas ³					P-valor
	Quant. de obs.	% obs.	PL ¹	DP	CV	Quant. de obs.	% obs.	PL	DP	CV	
Primíparas	10.029	93,2	12,5a	3,26	0,25	730	6,8	9,17b	3,43	0,37	<0,001
Multíparas	14.185	89,7	14,6a	3,81	0,26	1.630	10,3	10,7b	4,12	0,38	<0,001

¹PL: Média da produção de leite/ordenha (kg); DP: Desvio padrão; CV: coeficiente de variação; *Médias na mesma linha seguida por letras iguais, não diferem entre si pelo teste *t* a 5% de significância; ²Sem nenhum registro de ordenhas com coices/dia ou sem nenhum registro ordenhas incompletas/dia; ³Com uma ou mais ordenhas com coices/dia ou com uma ou mais ordenhas incompletas/dia.

com o tempo no *box*, considerando que o braço robotizado leva mais tempo para encontrar os tetos em úberes morfologicamente incorretos (CARLSTRÖM et al., 2016).

A maior quantidade de falhas na fixação das teteiras (ordenhas incompletas ou coices) está relacionada a diminuição de 26% da produção de leite da ordenha seguinte e a recuperação do nível da produção de leite anterior apenas aconteceu após sete ordenhas (BACH; BUSTO, 2005). Por conseguinte, o esvaziamento incompleto do úbere promove o desenvolvimento de condições patológicas como a mastite (BOBIĆ et al., 2011). A mastite causa consideráveis prejuízos econômicos como a redução na produção de leite, descarte do leite, custo do tratamento dos casos clínicos, aumento do custo com mão de obra, diminuição do preço de venda do leite e descarte de animais (HALASA et al., 2007). Vários desses prejuízos foram quantificados por Lopes et al. (2011; 2012; 2017) e Demeu et al. (2015).

As remoções dos acopladores podem ser a combinação de fatores como o mau funcionamento do braço (CARLSTRÖM et al., 2014), desconforto como consequência da diminuição de fluxo de leite e a pressão do sistema de vácuo ao final da ordenha (CERQUEIRA et al., 2012), tetos doloridos por mastites ou por aumento na frequência de ordenha (RODENBURG, 2013). Além disso, o acúmulo de sujeira nos tetos e na câmara do braço robotizado, tetos escuros e excesso de pelo no úbere também podem ser causas de uma ordenha incompleta (SVENNERSTEN-SJAUNJA; PETTERSSON, 2008; SALFER; ENDRES; KAMMEL, 2013).

A partir dessas premissas, no presente estudo, é possível que a apresentação de coices durante a ordenha tenha provocado maior redução na produção de leite nas vacas primíparas, que já tinham menor produção de leite. Embora, nas múltíparas de maior rendimento, talvez um coice não represente um comportamento associado ao estresse que afete a produção, e seja um reflexo involuntário. Sabe-se que o treinamento dos animais no AMS tem resultados positivos nos intervalos de ordenha e visitas à área de alimentação, obtendo maior produção de leite (WIDEGREN, 2014). Provavelmente, nas primíparas no período pós-parto, as mudanças hormonais e o fato de esperar na fila para entrar ao robô sejam fatores que podem ser estressantes, até se familiarizar com o sistema; embora, as vacas múltíparas no pós-parto também tenham mais experiência no uso do AMS, consequência das lactações anteriores, tornam-se mais calmas no momento da ordenha. Além disso, o rendimento do leite e comportamento durante a ordenha pode também estar associado à quantidade de alimento e às

condições de condição corporal e de saúde. Portanto, estas hipóteses precisam de futuros estudos avaliando, com maior aprofundamento, o comportamento das multíparas.

As vacas primíparas demoraram menos tempo no *box* comparado com as multíparas ($P < 0,001$) (Tabela 1). Tal fato pode ser devido ao menor tempo de ordenha resultado da menor produção de leite e menor fluxo de leite, além do menor *handling time*. Os resultados são semelhantes aos relatados por Carlström et al. (2013) mostram que as primíparas tiveram menos tempo no *box* do que as multíparas, em vacas da raça *Swedish Holstein* e *Swedish Red*. Eles relatam *handling time* entre 2,57 e 2,62 min semelhante dos dois grupos de ordem de parto, que poderia ser uma razão para o menor tempo no *box*.

Em contraste, Wethal e Heringstad (2019) encontraram maior *handling time*, em média de 3,14 min, sendo relativamente semelhante entre as de ordem de parto, com *handling time* mais longo ao início e no final da curva de lactação, exceto nas vacas primíparas, que apresentaram menor valor no final da lactação. A diferença de menor *Handling time* no presente estudo, pode ser atribuída a que eles adicionaram uma constante (1,5) ao logaritmo do modelo estatístico, depois que foi calculado o registro de maior tempo de ordenha de cada quarto do úbere. Sabe-se que vacas mais dóceis apresentam menor tempo no *box*, associado a menor *handling time* (CARLSTRÖM et al., 2016). De acordo com Wethal e Heringstad (2019), fatores como temperamento e conformação do úbere tem correlação positiva com o *handling time* na ordenha.

De acordo com Stephansen, Fogh e Norberg (2018), o *handling time* foi associado mais à conformação do úbere e não tanto ao temperamento. Na presente pesquisa, foi observado maior registro de ordenhas incompletas e maior *handling time* nas vacas multíparas ($P < 0,001$) (Tabela 1), o que poderia estar relacionado ao maior tempo em encontrar os tetos de úberes morfologicamente incorretos; embora as vacas primíparas tiveram maior quantidade de coices, porém mostraram menor *handling time* ($P < 0,001$) (Tabela 1). Futuras pesquisas poderiam relacionar mais detalhadamente o temperamento analisando a quantidade de coices por ordenha para cada quarto do úbere e as quantidades de tentativas de fixação das teteiras pelo braço robotizado.

Siewert, Salfer e Endres (2019) encontraram 0,067 mais falhas na fixação das teteiras por dia em vacas primíparas comparadas com as multíparas, durante os primeiros sete dias de lactação. Porém, essas falhas diminuiram com o avanço no período de lactação (entre 0,003 e

0,039). Jacobs e Siegford (2012b) observaram, em vacas primíparas nos primeiros 30 dias de transição entre uma ordenha convencional e uma robotizada, maior quantidade de coices (15,6) após fixação das teteiras do que as multíparas (13,3) ($P < 0,05$).

De acordo com Siewert, Salfer e Endres (2019), as diferenças entre ordens de parto de falhas de fixação das teteiras, durante a ordenha, que poderiam levar a resultados aparentes de menores falhas de fixação das teteiras, e bom comportamento nas vacas multíparas, atribuem-se à combinação de fatores: vacas primíparas em processo de aprendizagem para interagir com o AMS; aprendizado do robô no posicionamento dos tetos pelas mudanças na conformação do úbere ao longo da lactação; descarte na primeira lactação ou nos primeiros estádios da lactação por critérios de conformação do úbere, temperamento ou outros problemas. Segundo Jacobs e Siegford (2012a; 2012b), uma possível explicação da maior quantidade de falhas na fixação de teteiras durante a ordenha em vacas primíparas é atribuído pelo menor tamanho corporal, deixando mais espaço para se movimentar no *box* de ordenha. Deste modo, pode ser considerado, em futuras pesquisas, analisar a apresentação de coices nos diferentes estágios da lactação, visando o descarte voluntário relacionado aos critérios de desempenho das vacas no AMS.

Podem ser implementadas práticas para treinamento ao robô. Segundo Jacobs e Siegford (2012b), as novas vacas irão aprender com as vacas já acostumadas com o sistema, reduzindo o trabalho neste período de adaptação. Assim, de acordo com Jago e Kerrisk, (2011), o ensinamento com antecedência de 3 a 5 dias dos movimentos do braço robotizado e dos ruídos característicos dentro do box de ordenha, estão associados à facilidade de entrada no AMS após a primeira ordenha (JAGO; KERRISK, 2011). No presente estudo, pode ser que as vacas primíparas sem treinamento antes de ter sua primeira visita pós-parto no AMS, talvez estejam mais ansiosas durante a ordenha e precisam mais tempo para se familiarizar com o novo sistema.

As vacas primíparas apresentaram maiores frequências de ordenha, comparado com as multíparas ($P < 0,001$) (Tabela 1); enquanto que o intervalo de ordenha foi semelhante ($P = 0,582$). Siewert, Salfer e Endres (2019), em sistemas de tráfego guiado, obtiveram menores frequências de ordenhas nas primíparas, principalmente nos primeiros estágios da lactação, comparados com as vacas multíparas. Em contraposição, Penry et al. (2018) encontraram menores intervalos de ordenhas, principalmente no estágio inicial da lactação, em vacas primíparas (7,8 horas), comparado com as multíparas (8,7 horas). Contudo,

Munksgaard (2011) não encontrou diferenças notáveis na frequência das ordenhas entre as ordens de partos. Essa diferença entre os três estudos, em sistemas de tráfego de fluxo guiado, pode ser atribuída pela quantidade de vacas por unidade do AMS e estratégia de agrupamento de vacas primíparas.

O aumento da frequência de ordenha representa claros efeitos positivos sobre a produção de leite. Sabe-se que em sistemas de ordenha convencional a ordenha frequente (3 vezes/dia) iniciando a partir do primeiro ou do quarto dia até os 21 a 28 dias trazem benefícios na produção de leite e efeito duradouros no restante da lactação (HALE; CAPUCO; ERDMAN, 2003; PATTON et al., 2006). Sabe-se que existem fatores importantes a considerar como a alimentação e o comportamento que pode afetar potencialmente a frequência de ordenha e ter efeitos na produção (BACH; CABRERA, 2017).

No entanto, como foi observado no presente estudo, pode ser que as vacas primíparas sejam as mais afetadas pós-primeiro evento de ordenha no AMS, associado à falta de adaptação inicial, o que parece dificultar seu potencial de desempenho produtivo na ordenha. Assim, o treinamento das primíparas pode ser necessário, visto que a sua falta poderia estar associado aos resultados indesejáveis de comportamento, quando elas são ordenhadas pela primeira vez no AMS. A importância de pesquisas em melhorar a adaptação das vacas primíparas no AMS é necessária.

4 CONCLUSÕES

Vacas multíparas apresentam características de ordenhabilidade mais favoráveis em relação ao fluxo do leite e eficiência de ordenha, bem como maior produção de leite por ordenha; enquanto que primíparas apresentam menor tempo no *box* em sistemas robotizados de ordenha.

Quanto às características de comportamento, as vacas primíparas apresentam maiores quantidades de coices; enquanto as multíparas, maiores quantidades de ordenhas incompletas.

REFERÊNCIAS

BACH, A.; BUSTO, I. Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. **Journal of Dairy Research**, 72, n. 1, p. 101-106, 2005.

BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of dairy science**, 100, n. 9, p. 7720-7728, 2017.

BOBIĆ, T.; MIJIĆ, P.; KNEŽEVIĆ, I.; ŠPERANDA, M.; ANTUNOVIĆ, B.; BABAN, M.; SAKAČ, M.; FRIZON, E.; KOTURIĆ, T. The impact of environmental factors on the milk ejection and stress of dairy cows. **Biotechnology in Animal Husbandry**, 27, p. 919-927, 2011.

CARLSTRÖM, C.; PETTERSSON, G.; JOHANSSON, K.; STRANDBERG, E.; STÅLHAMMAR, H.; PHILIPSSON, J. Feasibility of using automatic milking system data from commercial herds for genetic analysis of milkability. **Journal of dairy science**, 96, n. 8, p. 5324-5332, 2013.

CARLSTRÖM, C.; STRANDBERG, E.; PETTERSSON, G.; JOHANSSON, K.; STÅLHAMMAR, H.; PHILIPSSON, J. Genetic associations of teat cup attachment failures, incomplete milkings, and handling time in automatic milking systems with milkability, temperament, and udder conformation. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science**, 66, n. 2, p. 75-83, 2016.

CASTRO, A.; PEREIRA, J.; AMIAMA, C.; BUENO, J. Estimating efficiency in automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 95, n. 2, p. 929-936, 2012.

CERQUEIRA, J. L.; ARAÚJO, J. P.; SORENSEN, J. T.; NIZA-RIBEIRO, J. Alguns indicadores de avaliação de bem-estar em vacas leiteiras—revisão Some indicators for the assessment of welfare in dairy cows—a review. **Revista Portuguesa De Ciências Veterinárias**, p. 5-19, 2012.

DEMEU, F. A.; LOPES, M. A.; ROCHA, C. M. B. M. d.; COSTA, G. M. d.; SANTOS, G. d.; NETO, A. F. Influência da escala de produção no impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Revista Ceres**, 62, n. 2, p. 167-174, 2015.

GÄDE, S.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KALM, E. Estimates of genetic parameters for milkability from automatic milking. **Livestock Science**, 104, n. 1-2, p. 135-146, 2006.

HALASA, T.; HUIJPS, K.; ØSTERÅS, O.; HOGEVEEN, H. Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. **Veterinary quarterly**, 29, n. 1, p. 18-31, 2007.

HALE, S.; CAPUCO, A.; ERDMAN, R. Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation. **Journal of dairy science**, 86, n. 6, p. 2061-2071, 2003.

HERINGSTAD, B.; KJØREN BUGTEN, H. Genetic evaluations based on data from automatic milking systems. *In*: Conference ICAR, Berlin, 2014, DOI: 10.13140/2.1.4961.7280. 2014

HOGVEEN, H.; OUWELTJES, W.; DE KONING, C.; STELWAGEN, K. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. **Livestock production science**, 72, n. 1-2, p. 157-167, 2001.

JACOBS, J.; SIEGFORD, J. Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. **Journal of dairy science**, 95, n. 5, p. 2227-2247, 2012a.

JACOBS, J.; SIEGFORD, J. Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. **Journal of dairy science**, 95, n. 3, p. 1575-1584, 2012b.

JAGO, J.; KERRISK, K. Training methods for introducing cows to a pasture-based automatic milking system. **Applied animal behaviour science**, 131, n. 3-4, p. 79-85, 2011.

KING, M.; DEVRIES, T. Graduate Student Literature Review: Detecting health disorders using data from automatic milking systems and associated technologies. **Journal of dairy science**, 101, n. 9, p. 8605-8614, 2018.

KING, M.; LEBLANC, S.; PAJOR, E.; WRIGHT, T.; DEVRIES, T. Behavior and productivity of cows milked in automated systems before diagnosis of health disorders in early lactation. **Journal of dairy science**, 101, n. 5, p. 4343-4356, 2018.

LOPES, B. Bioestatísticas: conceitos fundamentais e aplicações práticas. **Rev. bras. oftalmol**, p. 16-22, 2014.

LOPES, M.; DEMEU, F.; DA ROCHA, C.; DA COSTA, G.; FRANCO NETO, A.; SANTOS, G. d. Avaliação do impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, 79, n. 4, p. 477-483, 2012.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; DE MELO CARVALHO, F.; REIS, R. P.; SANTOS, Í. C.; SARAIVA, F. H. Efeito da escala de produção nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG): um estudo multicaseiros. **Boletim de Indústria Animal**, 63, n. 3, p. 177-188, 2006.

LOPES, M. A.; SIMÕES, L. M.; BRITO, S. C.; ROSSI, G.; CONTI, L.; BARBARI, M. Robotização na ordenha: por ela eu ponho minha mão no fogo? *In: Encontro da pecuaria leiteira da Scot Consultoria*, 2019, São Paulo. p. 261-268.

LØVENDAHL, P.; LASSEN, J.; CHAGUNDA, M., 2011, **Genetic analysis of milkability, milking frequency, milk yield and composition in automatically milked cows**. 80.

LØVENDAHL, P.; LASSEN, J.; CHAGUNDA, M. Milking Efficiency—A Milkability Trait for Automatically Milked Cows. *In: Proc. 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Vancouver, BC, Canada. WCGALP Digital Archive, <http://www.wcgalp.org>, 2014, p. 140.

MACULAN, R.; LOPES, M. Ordenha robotizada de vacas leiteiras: uma revisão. **B. Indústr. Anim.**, 73, n. 1, p. 80-87, 2016.

METZ-STEFANOWSKA, J.; HUIJSMANS, P.; HOGWERF, P.; IPEMA, A.; KEEN, A. Behaviour of cows before, during and after milking with an automatic milking system. **PUBLICATION-EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION**, 65, p. 278-278, 1992.

MUNKSGAARD, L.; RUSHEN, J.; DE PASSILLÉ, A.; KROHN, C. C. Forced versus free traffic in an automated milking system. **Livestock science**, 138, n. 1-3, p. 244-250, 2011.

NORMAN, H.; POWELL, R.; WRIGHT, J.; CASSELL, B. Phenotypic and genetic relationship between linear functional type traits and milk yield for five breeds. **Journal of Dairy Science**, 71, n. 7, p. 1880-1896, 1988.

PATTON, J.; KENNY, D.; MEE, J.; O'MARA, F.; WATHES, D.; COOK, M.; MURPHY, J. Effect of milking frequency and diet on milk production, energy balance, and reproduction in dairy cows. **Journal of dairy science**, 89, n. 5, p. 1478-1487, 2006.

PENRY, J.; CRUMP, P.; HERNANDEZ, L.; REINEMANN, D. Association of milking interval and milk production rate in an automatic milking system. **Journal of dairy science**, 101, n. 2, p. 1616-1625, 2018.

PORCIONATO, M. A. d. F.; SOARES, W. V. B.; REIS, C. B. M. d.; CORTINHAS, C. S.; MESTIERI, L.; SANTOS, M. V. d. Milk flow, teat morphology and subclinical mastitis prevalence in Gir cows. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45, n. 12, p. 1507-1512, 2010.

RODENBURG, J. Success factors for automatic milking. *In: Proceedings of the precision dairy conference and expo; a conference on precision dairy technologies*, 2013, Precision Dairy Conference, Mayo Civic Center, Rochester, Minnesota p. 21-34.

RODENBURG, J. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. **Journal of Dairy Science**, 100, n. 9, p. 7729-7738, 2017.

SALFER, J.; ENDRES, M.; KAMMEL, D., 2013, **Housing, Management and Animal Welfare Characteristics of Farms Using Automatic Milking Systems**. 35-36.

SANTOS, L. V.; BRÜGEMANN, K.; EBINGHAUS, A.; KÖNIG, S. Genetic parameters for longitudinal behavior and health indicator traits generated in automatic milking systems. **Archives Animal Breeding**, 61, n. 2, p. 161-171, 2018.

SIEWERT, J.; SALFER, J. A.; ENDRES, M. I. Milk yield and milking station visits of primiparous versus multiparous cows on automatic milking system farms in the Upper Midwest United States. **Journal of dairy science**, 102, n. 4, p. 3523-3530, 2019.

SIMÕES FILHO, L. M.; LOPES, M. A.; BRITO, S. C.; ROSSI, G.; CONTI, L.; BARBARI, M. Robotic milking of dairy cows: a review. **Semina: Ciências Agrárias**, 41, n. 6, p. 2833-2850, 2020.

STEENEVELD, W.; TAUER, L.; HOGEEVEEN, H.; LANSINK, A. O. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. **Journal of Dairy Science**, 95, n. 12, p. 7391-7398, 2012.

STEPHANSEN, R.; FOGH, A.; NORBERG, E. Genetic parameters for handling and milking temperament in Danish first-parity Holstein cows. **Journal of dairy science**, 101, n. 12, p. 11033-11039, 2018.

SVENNERSTEN-SJAUNJA, K.; PETTERSSON, G. Pros and cons of automatic milking in Europe. **Journal of Animal Science**, 86, n. suppl_13, p. 37-46, 2008.

TREMBLAY, M.; HESS, J. P.; CHRISTENSON, B. M.; MCINTYRE, K. K.; SMINK, B.; VAN DER KAMP, A. J.; DE JONG, L. G.; DÖPFER, D. Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 99, n. 5, p. 3824-3837, 2016.

UTSUMI SANTIAGO A E INSUA. JUAN R Robótica la nueva frontera tecnológica en lechería de precisión. **Revista semestral Vision rural**. Ano XXVI, pag. 53-57 No. 128 Julio – Agosto 2019. ISSN 0328-7009 https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_visionrural128_jul-ago2019_sp.pdf

VOSMAN, J.; POPPE, H.; MULDER, H.; ASSEN, A.; DUCRO, B.; GERRITS, A.; VESSEUR, C.; BOES, J.; EDING, H.; DE JONG, G., 2018, **Automatic milking system, a source for novel phenotypes as base for new genetic selection tools**. -.

WETHAL, K.; HERINGSTAD, B. Genetic analyses of novel temperament and milkability traits in Norwegian Red cattle based on data from automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 102, n. 9, p. 8221-8233, 2019.

WIDEGREN, S. **Introduction of heifers to an automatic milking system.** 2014. Tese
Dissertação mestrado - Department of Animal Nutrition and Management, Swedish
University of Agricultural Sciences, .

ARTIGO 3

CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERÍSTICAS DE ORDENHABILIDADE E COMPORTAMENTO DE VACAS ORDENHADAS EM SISTEMAS ROBOTIZADOS

Marcos Aurélio Lopes^{1*}; Flor Angela Niño Rodriguez¹; André Luis Ribeiro Lima¹, Gercílio Alves de Almeida Júnior²; André Luiz Monteiro Novo³; Eduardo Mitke Brandão Reis⁶; Matteo Barbari⁴; Sergio Corrêa Brito⁵; Andréa Raphaela Ferreira Maia⁵; Leandro Carvalho Bassotto¹.

¹ Universidade Federal de Lavras; ² Universidade Federal de Espírito Santo; ³ Embrapa Gado de Leite; ⁴ Università degli Studi di Firenze; ⁵ DeLaval Brasil; ⁶ Universidade Federal do Acre; *malopes@ufla.br.

RESUMO

Objetivou-se analisar a correlação entre características de ordenhabilidade e de comportamento de vacas de diferentes grupos genéticos e ordens de parto, em sistemas de ordenha automáticos. Os dados, referentes ao período de setembro de 2019 a março de 2020, oriundos de dois rebanhos leiteiros comerciais localizados no Estado de Minas Gerais, que utilizam sistema de ordenha automática (AMSTM, DeLaval, Tumba, Suécia), contêm 68.896 observações, de 542 vacas primíparas e multíparas da raça *Holstein* e mestiças (*Holstein* x *Jersey*). Registros diários de características de ordenhabilidade como fluxo do leite (FL), tempo no *box* (TB) e eficiência na ordenha (EO); bem como características de comportamento: *handling time* na ordenha (HT), ordenhas incompletas (OIN) e coices (COI) foram avaliadas por análise de correlação bivariada pelo coeficiente de correlação de Pearson, utilizando-se o programa estatístico *SPSS* versão 22. As correlações foram negativas moderadas entre FL e TB; EO e HT; bem como TB e EO; e positiva e alta entre FL e EO. Correlação positiva e alta foi encontrada entre TB e HT; positiva e moderada entre EO e PL; e positiva baixa entre HT e OIN ($P < 0,01$). Não houve correlação entre a frequência de ordenha (FO) com COI e OIN.

Palavras-chave: automação; eficiência de ordenha; sistema de ordenha automático; temperamento; zootecnia de precisão.

CORRELATIONS BETWEEN MILKABILITY AND BEHAVIOR TRAITS IN COWS MILKED IN ROBOTIC SYTEMS

ABSTRACT

The objective was to analyze a correlation between milkability and behavior traits of dairy cows from different genotypes and calving orders, in robotic milking systems. The data for the period from September 2019 to March 2020, from two commercial dairy herds located in the State of Minas Gerais, using an automatic milking system (AMSTM, DeLaval, Tumba, Sweden) containing 68,896 observations of 542 primiparous and multiparous cows from Holstein breed and Holstein x Jersey crossbred. Daily records of milkability traits as average flow rate (FR), box time (BT), handling time (HT) and milking efficiency (ME); as well as behavior traits: handling time (HT), incomplete milkings (IM) and kick-offs (KO) were assessed by bivariate correlation analysis for Pearson correlation coefficient, with the statistical program SPSS version 22. Correlations were moderate negative between FR and BT; EM and HT; as well as BT and EM; and positive and high between FR and EM. Positive and high correlation was found between BT and HT; positive and moderate between EM and milk yield (MY); and positive low between HT and IM ($P < 0.01$). There was no correlation between milking frequency (MF) with KO and IM.

Key words: automation; automatic milking system; behavior; milking efficiency; precision livestock farming.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, mais de 300 sistemas de ordenha automáticos (AMS) foram implantados desde sua primeira instalação na cidade de Castro - PR, no ano 2012 (Comunicação verbal, gerente técnico DeLaval, 2020). Maiores investimentos em robotização de salas de ordenha são consequência do aumento do rebanho, custos elevados e pouco treinamento da mão de obra (SILVI et al., 2018). Devido às projeções de crescimento na produção de leite entre 42,0 e 46,8 bilhões de litros para o ano 2029 (BRASIL, 2019), espera-se maior uso desta tecnologia.

Em um AMS, as vacas enfrentam novos desafios, que exigem a revisão de novas características inerentes ao animal, com o intuito de utilizar eficientemente o equipamento. Estes sistemas são equipados com sensores capazes de capturar e armazenar uma grande quantidade de dados como, por exemplo, fluxo de leite (FL) e tempo no *box* (TB) que são características que definem a ordenhabilidade (CARLSTRÖM et al., 2013; GÄDE et al., 2006) e eficiência de ordenha (EO) (HERINGSTAD; KJØREN BUGTEN, 2014; WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Adicionalmente, ordenhas mal sucedidas, que incluem coices (COI) e ordenhas incompletas (OIN), permitem fornecer informações objetivas de características de

comportamento para avaliar a eficiência das vacas individualmente (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

O sistema de ordenha automático exige vacas calmas, de alto rendimento e velozes na ordenha, que se tornem motivadas e independentes para visitar o robô com maior frequência (JACOBS; SIEGFORD, 2012; SANTOS et al., 2018). Entretanto, vacas inquietas que dão coices durante a ordenha ou úberes morfologicamente incorretos prolongam o *Handling time*¹ (HT) e dificultam o acoplamento das teteiras pelo braço robotizado, sendo consideradas características indesejáveis (CARLSTRÖM et al., 2016; STEPHANSEN; FOGH; NORBERG, 2018).

Em nível mundial, existem vários estudos que avaliam o desempenho das vacas em sistemas AMS, mostrando correlações entre características de ordenhabilidade e comportamento a partir de informações coletadas do AMS (CARLSTRÖM et al., 2013; CARLSTRÖM et al., 2016; WETHAL; HERINGSTAD, 2019). A ordenhabilidade é definida como a avaliação do rendimento durante a ordenha e inclui as características de taxa de fluxo do leite e tempo no *box* (GÄDE et al., 2006) e eficiência na ordenha (VOSMAN et al., 2018). Características comportamentais incluem *handling time*² na ordenha, ordenhas incompletas e coices (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Contudo, poucos são os resultados de pesquisas no Brasil correlacionando estes parâmetros com o melhor desempenho na ordenha (CARDOZO, 2017; CÓRDOVA et al., 2018). Portanto, necessário se faz a realização de estudos sobre esse assunto devido a aplicação crescente da ordenha robotizada no Brasil. Conhecendo as características de ordenhabilidade e comportamento, bem como suas correlações, pode-se gerar e incrementar conhecimentos em condições brasileiras para auxiliar técnicos e produtores na tomada de decisões para seleção de vacas mais eficientes e saudáveis para o sistema de ordenha voluntário.

¹ *Handling time* (HT): inclui o tempo desde a entrada da vaca no *box* de ordenha até o início da ordenha (tempo para detecção do teto, lavagem, estimulação e pré-ordenha) + o tempo após a ordenha até que o portão de entrada seja aberto para permitir a entrada da próxima vaca. (CARLSTRÖM et al., 2016); *Handling time* (HT): tempo no AMS antes e depois da ordenha, em minutos (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Considerando-se os aspectos apresentados, bem como a importância do tema, objetivou-se analisar as correlações entre algumas características de ordenhabilidade e de comportamento das vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos e ordens de parto, ordenhadas em sistemas de ordenha robotizados, de dois rebanhos comerciais localizados no estado de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de dois rebanhos leiteiros comerciais usando sistemas de ordenha automática (AMSTM, DeLaval, Tumba, Suécia), referentes ao período de setembro de 2019 a março de 2020 (estação chuvosa do ano). O primeiro rebanho possui seis AMS com tráfego guiado do tipo *feed first*, localizado na região do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba - MG. A propriedade desenvolve a pecuária leiteira em sistema intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação em galpões do tipo *free stall*. As vacas visitam as áreas de alimentação, área de descanso e unidade AMS em sequência; da área de descanso à área de alimentação e à unidade AMS, usando uma combinação de portões de pré-seleção de via única. Quanto às primíparas, elas não recebem treinamento no AMS antes do parto, sendo introduzidas depois dos 15 a 20 dias pós-parto. Nesse período, elas são ordenhadas na ordenha convencional três vezes ao dia. Finalizado esse período, são conduzidas para a sala de espera e guiadas ao robô para serem ordenhadas pela primeira vez no AMS. As primeiras ordenhas foram realizadas com a supervisão de um funcionário que, durante os dias seguintes, deu maior atenção visual para elas; e também, se fosse o caso, em atrasos nos horários de permissão de ordenha, eram buscadas e conduzidas ao AMS.

O segundo rebanho possui quatro AMS com tráfego guiado do tipo *milk first*, localizado no Centro Oeste de Minas Gerais. A propriedade desenvolve a pecuária leiteira em sistema intensivo, com alojamento de todas as vacas em lactação em galpões do tipo *compost barn*. As vacas obrigatoriamente devem passar pelo robô primeiro para conseguirem acessar a pista de alimentação e depois retornarem à área de descanso. Quanto às primíparas, elas não recebem treinamento no AMS antes do parto, sendo introduzidas ao AMS no primeiro dia pós-parto, quando são conduzidas pelo funcionário para a sala de espera e guiadas ao robô para ser ordenhadas pela primeira vez. A partir desse momento, o manejo delas é o mesmo adotado no primeiro rebanho.

Foram utilizadas 148.171 informações de ordenhas diárias de 603 vacas de dois grupos genéticos sendo, para o rebanho tipo *feed first*, 195 da raça *Holstein* e 167 mestiças

(*Holstein* x *Jersey*) e de várias ordens de parto. No rebanho tipo *milk first*, as informações são de 241 vacas da raça *Holstein*, sendo 122 primíparas e 119 multíparas. O conjunto de dados brutos (inicial) foi processado utilizando-se o software (DelProTM, DeLaval, Tumba, Suécia).

Os dados selecionados para o estudo foram exportados do software em relatórios de tabelas do programa *Microsoft Office Excel*. Na coleta de dados, de acordo com a metodologia de Carlström et al. (2013), foram usados os relatórios do AMS que continham informações sobre: a) a identificação da vaca: número, dias em lactação (DEL), ordem de parto (OP; 1 e mais de 1 parto) e grupo genético; b) dados da ordenha, como data e hora de entrada (hora de início) e saída (hora de término) de cada visita, tempo de ordenha (minutos), último intervalo de ordenhas (IO; horas) e frequência de ordenhas (FO); c) informações sobre a produção de leite (PL; kg), taxa de fluxo médio do leite (FML; kg/min) e taxa do pico de fluxo de leite (FPL; kg/min) em cada quarto do úbere; d) problemas durante a ordenha, como quantidade de ordenhas incompletas (OIN), coices (COI) e tetos não encontrados.

Na edição de dados, foram excluídos registros de tempo no *box* menores do que 1 ou maiores do que 20 minutos, *handling time* abaixo de 0,3 e acima de 15 minutos, assim como registros sem observação da produção de leite. Registros claramente inconsistentes com os padrões normais em relação à variação com o intervalo de ordenha, tempo no *box*, produção de leite e taxa de fluxo médio e pico também foram excluídos, também como células vazias nestas características (CARLSTRÖM et al., 2016). Foram considerados como período de lactação entre 5 até 305 dias após o parto. Para agrupar os dados de produção e velocidade de ordenha foi utilizada a metodologia de Wethal e Heringstad (2019), onde foram considerados todos os registros em que a produção de leite foi ≤ 50 kg, no total por ordenha, e ≤ 13 kg por quarto úbere por ordenha, assim como que o máximo do fluxo médio do leite fosse 3 kg leite/minuto e o máximo do fluxo pico do leite fosse 4 kg leite/minuto, em qualquer dos quartos do úbere.

O conjunto de registros de ordenhas foi resumido em uma observação por vaca por dia, considerando as características de ordenhabilidade e comportamento como médias diárias de tempo no *box*, fluxo do leite, eficiência de ordenhas, *handling time* e intervalos de ordenha (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). A frequência de ordenha, coices e ordenhas incompletas eram somas diárias. Posteriormente foi realizada a análise estatística.

Foram analisadas as seguintes características de ordenabilidade, obtidas de registros do AMS: a) Taxas de fluxo do leite médio e pico: conforme metodologia de Wethal e Heringstad (2019), as taxas de fluxo do leite médio e pico (kg de leite por minuto de ordenha) foram medidas por cada quarto do úbere em uma ordenha. Foram usadas as médias dos valores de fluxo médio de leite e picos dos quartos separadamente para se obter registro único por ordenha de cada uma dessas duas características. Portanto, vacas com menos de quatro quartos de úbere ordenhados tiveram fluxo do leite mais baixo; b) Tempo no *box*: o tempo, em minutos, desde que a vaca entrou na unidade de ordenha até sua saída, conforme a diferença entre a hora de início e de término (LØVENDAHL; LASSEN; CHAGUNDA, 2011); c) Eficiência na ordenha: a produção de leite por unidade de tempo total, o valor foi calculado com a produção total de leite (kg) dos quatro quartos, em cada ordenha, dividido pelo tempo no *box* (minutos). Assim se obteve um registro por ordenha, conforme a metodologia descrita por Heringstad e Kjøren Bugten, (2014).

Além disso, foram analisados outros dados: a) Tempo de ordenha, calculado, em minutos, de acordo com a metodologia de Carlström et al. (2013). A partir dos registros de fluxo médio do leite, foi calculado como a razão entre a produção de leite (kg) e a taxa de fluxo médio do leite (kg/min) para cada quarto do úbere separadamente. Assim, ao ser calculado separadamente, o fluxo foi medido apenas durante o tempo que realmente o quarto foi ordenhado, sendo adicionados 30 segundos como uma constante ao tempo de fixação das teteiras. Dessa maneira, de acordo com Carlström et al. (2016), o tempo de ordenha da vaca é definido como o tempo de ordenha mais longo dos quatro quartos, ou seja, o tempo desde o início da ordenha até o fluxo de leite terminar, quando a última teteira foi removida; b) Intervalo de ordenhas: o tempo, em horas, obtido no AMS, como a diferença entre a hora de início da ordenha atual e a hora de início da ordenha anterior (CARLSTRÖM et al., 2013); c) Frequência de ordenhas: também obtida no AMS, foi definida como a quantidade de ordenhas por dia (WETHAL; HERINGSTAD, 2019).

Foram analisadas três características de comportamento: a) *handling time* na ordenha (HT): a diferença entre tempo no *box* e tempo de ordenha (minutos), obtida do tempo mais longo dos quatro quartos; para obter um registro para cada ordenha (CARLSTRÖM et al., 2013); b) ordenhas incompletas (OIN): a quantidade de ordenhas diárias com um mínimo de um quarto registrado como ordenha incompleta; c) Coices: os sensores do AMS registraram a

quantidade de remoções prematuras ou inesperadas das teteiras de cada quarto do úbere durante no tempo da ordenha (CARLSTRÖM et al., 2016).

Em relação à ordenha incompleta, o AMS DeLaval a considera quando a produção de leite atual for inferior a 70% da produção esperada em qualquer quarto do úbere, com base nas ordenhas anteriores das últimas 24 horas (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). Segundo Carlström et al. (2016), após serem identificadas as ordenhas incompletas, foram incluídas na contagem aquelas ordenhas com registros de tetos não encontrados, determinado quando o robô não conseguiu detectar pelo menos um teto dos quatro quartos. De acordo com Carlström et al. (2013; 2016), mesmo que os coices possam resultar em ordenhas incompletas, foi decidido manter as ordenhas incompletas separado dos coices. Intervalos de ordenhas entre 5 a 30 horas, foram incluídos. Seguidamente, a característica foi definida e calculada como binária (0 ou 1) por ordenha e resumida em todas as ordenhas por dia. Uma vaca com uma ou mais ordenhas incompletas em cada sessão de ordenha e com três ordenhas diárias seria registrada como três ordenhas incompletas.

Quanto aos coices, foram considerados para cada ordenha, incluindo pelo menos uma remoção ou caída da teteira do teto de qualquer quarto. A característica foi definida como binária (0 ou 1) por ordenha e resumida em todas as ordenhas por dia. Uma vaca que registrou pelo menos um coice ou mais na ordenha, lhe foi atribuído um registro de coice, e se tivesse três ordenhas diárias, e em todas apresentou-se um registro de coice, foram registrados três coices/vaca/dia. No entanto, devido à baixa frequência de ordenhas com registros de coices e ordenhas incompletas como registro diário, realizou-se uma segunda definição de análises, resumidas em porcentagens dos dias totais de ordenhas para cada grupo genético, calculada com a seguinte fórmula:

Coices (%) ou ordenhas incompletas (%) = Quantidade de observações com coice ou ordenhas incompletas/Total observações pelo estudo.

Foram analisadas as correlações entre as características de ordenhabilidade, comportamento e outras medidas obtidas do AMS, pelo coeficiente de correlação de Pearson, ao nível de 1% de significância, utilizando o programa *SPSS* versão 22. Para a interpretação dos valores de correlação de Pearson na classificação das correlações, adotou-se o critério proposto por Bisquerra, Sarriera e Matínez (2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto final dos dados analisados teve um total de 68.896 observações, de 539 vacas, sendo 49.725 e 19.171 das raças *Holstein* e mestiça *Holstein* x Jersey, respectivamente. As características descritivas dos conjuntos de dados utilizados nas análises desta pesquisa, podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1- Características descritivas dos conjuntos de dados obtidos em dois rebanhos comerciais com diferentes grupos genéticos e ordens de parto, que adotam sistemas automáticos de ordenha (AMS) com tráfego guiado, localizadas no estado de Minas Gerais.

Ordem de parto	Grupo genético							
	<i>Holstein</i> *				Mestiças*			
	Quant. de vacas	Quant. de obs.	% obs. COI	% obs. OIN	Quant. de vacas	Quant. de obs.	% obs. COI	% obs. OIN
Primíparas	110	13.926	11,0	8,8	81	11.032	8,4	7,5
Múltíparas	51	9.225	6,2	6,1	65	8.139	9,0	7,6
Total	161	23.151	9,0	7,7	146	19.171	8,7	7,6
	<i>Holstein</i> **							
Primíparas	118	10.759	11,6	6,8				
Múltíparas	117	15.815	4,4	10,3				
Total	235	26.574	7,3	8,9				
Total geral	396	49.725	8,1	8,3	146	19.171	8,7	7,6

COI: Ordenhas com coices; OIN: Ordenhas incompletas; Obs: observações; *: Dados do rebanho que adota o sistema de tráfego guiado do tipo *feed first*; **: Dados do rebanho que adota o sistema de tráfego guiado do tipo *milk first*.

As correlações estimadas entre características de comportamento, ordenhabilidade e outras medidas, a partir de observações diárias, são apresentadas na Tabela 2. Elas foram de moderadas a muito altas entre as três características de ordenhabilidade, tempo no *box*, eficiência na ordenha e fluxo de leite, desde -0,557 a 0,980 ($P < 0,01$). A eficiência na ordenha e o fluxo de leite têm correlação positiva alta (0,716) ($P < 0,01$), o que significa que as características mudam no mesmo sentido, ou seja, quando o fluxo de leite aumenta a eficiência de ordenha, também. Tais resultados eram esperados, porque as duas características se relacionam por definição, já que o fluxo de leite é a variável que determina o tempo na ordenha, considerado como o volume de leite que atravessa o esfíncter do teto em um determinado tempo (BYLUND, 2003) e a eficiência na ordenha é definida como o rendimento, em kg de leite/min, e o tempo total de ocupação no AMS (BAKKE;

HERINGSTAD, 2015). Wethal e Heringstad (2019), obtiveram maior valor de correlação (0,98), e concluíram que o fluxo de leite tem maior potencial para avaliação das características de ordenabilidade nos animais, pois a eficiência de ordenha é uma característica subjetiva dado que depende do manejo da vaca durante a permanência no AMS. No presente trabalho, foi observado o mesmo sentido da correlação nestas variáveis, embora a intensidade foi menor; o que pode ser atribuído ao tamanho da amostra, que poderia provocar maior variação.

Tabela 2 - Correlações entre algumas características de vacas leiteiras, com diferentes grupos genéticos e ordens de parto, ordenhadas por sistemas automáticos (AMS), com tráfego guiado, em dois rebanhos comerciais localizadas no Estado de Minas Gerais.

Características	TB	EO	FL	OIN	COI	HT	FO	IO	TO	PL
<i>Ordenhabilidade</i>										
Tempo no <i>box</i> (TB) (minutos)	1									
Eficiência na ordenha (EO) (kg/minutos)	-0,557**	1								
Fluxo do leite (FL) (kg/min/úbere)	-0,564**	0,716**	1							
<i>Comportamento</i>										
Ordenhas incompletas (OIN) (quantidade/vaca/dia)	0,254**	-0,347**	-0,155**	1						
Ordenhas com coices (COI) (quantidade/vaca/dia)	0,017**	-0,031**	0,000	-0,034**	1					
<i>Handling time</i> (HT) (minutos)	0,664**	-0,605**	-0,171**	0,419**	0,062**	1				
<i>Outras</i>										
Frequência de ordenhas (FO) (quantidade)	-0,224**	-0,21**	0,029**	0,001	0,046**	-0,119**	1			
Média do intervalo das ordenhas (IO) (hora)	0,206**	0,058**	-0,006	0,014**	-0,012**	0,072**	-0,580**	1		
Tempo de ordenha (TO) (minutos)	0,741**	-0,205**	-0,601**	-0,036**	-0,032**	-0,006	-0,192**	0,211**	1	
Produção de leite/ordenha (PL) (kg)	0,250**	0,617**	0,225**	-0,226**	-0,028**	-0,201**	-0,241**	0,293**	0,512**	1

TB: Tempo no *box*; EO: Eficiência na ordenha; FL: Fluxo do leite; OIN : Ordenhas incompletas; COI: Ordenhas com coices; HT : *Handling time*; FO: Frequência de ordenhas; IO: Média do intervalo das ordenhas; TO: Tempo de ordenha; PL: Produção de leite/ordenha.

** : A correlação é significativa ao nível de 0,01.

As correlações negativas moderadas entre tempo no *box* e a eficiência na ordenha (-0,557) ($P < 0,01$) e entre tempo no *box* e o fluxo do leite (-0,564) ($P < 0,01$; Tabela 2) significam que as características mudam em sentido inverso, ou seja, quando o fluxo do leite ou a eficiência na ordenha aumentam, o tempo no *box* diminui. Carlström et al. (2014) obtiveram resultados semelhantes no sentido da correlação, porém, com maior grau de intensidade entre fluxo de leite e tempo no *box* (-0,92); assim como os resultados de Wethal e Heringstad (2019) entre eficiência de ordenha e tempo no *box* (-0,87). No presente trabalho, foi observado o mesmo sentido da correlação nestas variáveis, embora, a intensidade tenha sido menor; o que pode ser atribuído ao tamanho da amostra, o que poderia provocar maior variação.

Certamente, o tempo no *box* tem maior efeito na eficiência e capacidade de ordenha no AMS em comparação ao fluxo de leite e o tempo de ordenha (CARLSTRÖM et al., 2016). O tempo no *box* é uma característica primordial para a avaliação dos animais na eficiência de uso no AMS, já que depende da genética do animal para que a ordenha aconteça rapidamente, contrariamente de um sistema não robotizado, onde o tempo de ocupação é influenciado pelo ordenhador (WETHAL E HERINGSTAD, 2019).

A correlação entre *handling time* foi positiva e alta com o tempo no *box* (0,664) ($P < 0,01$) (Tabela 2). O tempo de ordenha, outra medida relacionada à duração de tempo no AMS, teve correlação positiva moderada com o tempo no *box* (0,741) ($P < 0,01$), ou seja quando o *handling time* ou tempo de ordenha aumentam, o tempo no *box* também. A associação entre as três era esperada, porque os tempos de ordenha e *handling time* estão inclusos na duração do tempo total de ordenha. A correlação entre *Handling time* e tempo no *box* é similar ao valor relatado por Wethal e Heringstad (2019) (0,64) e inferior ao obtido por Carlström et al. (2016) (0,85). Segundo Carlström et al. (2016), o aumento do *handling time* se associa às características de temperamento e conformação do úbere em relação ao posicionamento desfavorável de tetos. Provavelmente, pesquisas futuras poderiam avaliar o *handling time* como uma característica que beneficiaria a identificação de animais desejáveis, em um programa de seleção baseado no tempo no *box*, já que é consequência das características de comportamento e de conformação do úbere.

No presente estudo, a correlação entre *handling time* e ordenhas incompletas foi positiva baixa (0,419) ($P < 0,01$; Tabela 2) e positiva muito baixa entre *handling time* e coices

(0,062) ($P < 0,01$), ou seja, quando aumenta a quantidade de ordenhas incompletas, pelo aumento de tempo que demora o braço do robô em encontrar os tetos, o *handling time* também aumenta. Quanto aos coices, eles representam um aumento insignificante no *handling time*. A correlação entre ordenhas incompletas e o *handling time* é semelhante à correlação de 0,53 relatada por Wethal e Heringstad (2019); e inferior a de 0,89 relatada por Carlström et al. (2016). Portanto, a característica de ordenhas incompletas pode ser uma opção interessante na avaliação das vacas mais produtivas, do que apenas comparar por produção de leite ou pelas ordenhas bem sucedidas.

Da mesma forma a correlação entre *handling time* e coices não foi elevada, mas na mesma direção positiva da correlação (0,56 e 0,50), mostradas pelos mesmos autores. A razão pode ser atribuída ao fato que eles estimaram correlações com médias resumidas por lactações completas e sucessivas por vários anos, enquanto que, no presente estudo, foi menor o tamanho da amostra com menor quantidade de casos de registros diários de coices. No que se refere a coices e ordenhas incompletas, as vacas mestiças tiveram maiores quantidades de observações com coices enquanto que as vacas da raça *Holstein*, com ordenhas incompletas (Tabela 1). Quanto à ordem de parto, as vacas primíparas da raça *Holstein* e as múltíparas mestiças apresentaram maiores quantidades de observações com coices. As quantidades de observações com ordenhas incompletas nas vacas da raça *Holstein* variaram entre ordem de parto; enquanto para as mestiças, foram semelhantes.

As correlações foram negativas moderadas entre *handling time* e eficiência na ordenha (-0,605) ($P < 0,01$; Tabela 2), ou seja, quando o *handling time* aumenta, a eficiência de ordenha diminui; e entre tempo de ordenha e fluxo do leite (-0,601) ($P < 0,01$; Tabela 2); isto é, quando o fluxo de leite aumenta o tempo de ordenha diminui. Além disso, foi encontrada correlação positiva moderada entre tempo de ordenha e a produção de leite (0,512) e entre eficiência de ordenha e produção de leite (0,617) ($P < 0,01$; Tabela 2); ou seja, quando a produção de leite aumenta o tempo de ordenha ou a eficiência de ordenha aumentam também. A ordenhabilidade das vacas no AMS pode ser otimizada evitando ordenhas com coices e ordenhas incompletas, tendo fluxo de leite mais rápidos, aumentando a eficiência de ordenha com tempo no *box* e *handling time* mais curtos (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). De acordo com Carlström et al. (2016), o fluxo de leite alto, está associado a um tempo de ordenha mais curto, mas a duração do tempo de ordenha nem sempre vai depender da

quantidade de leite produzida, porque pode estar associada com a velocidade do fluxo de leite. Assim, pode ser que, vacas com menor produção e maior fluxo de leite, fosse associado ao menor tempo no *box*, comparado com vacas com menor fluxo e maior produção de leite e tempos de *box* mais longos. Necessita-se, ainda, de mais estudos visando avaliar estas diferenças do fluxo de leite e velocidade de ordenha nos dois grupos genéticos e entre rebanhos, e se existe associação das diferentes produções para cada quarto do úbere.

A taxa de fluxo do leite também é um ponto de atenção importante na saúde do úbere, pois quando mais altas estão associadas à baixa tensão do esfíncter, o que leva a um maior tempo de exposição do canal do teto, aumentando a probabilidade de infecção intramamária (GRINDAL; HILLERTON, 1991). Foi demonstrada uma correlação genética moderada (0,29 e 0,57) entre as medidas de velocidade de ordenha (taxa de fluxo do leite, *handling time* e tempo no *box*) com o aumento na contagem de células somáticas no leite (CARLSTRÖM et al., 2016). De igual forma, foram encontradas correlações positivas (0,88) para velocidade de ordenha e problemas de vazamento de leite pelo teto (BAKKE; HERINGSTAD, 2015). Conforme sugerido por Santos et al. (2018), do ponto de vista da seleção de animais mais eficientes no AMS, é preciso identificar a velocidade de ordenha desejável ao invés de buscar o máximo de velocidade de ordenha que possa comprometer a saúde do úbere.

A frequência e intervalo de ordenha se correlacionam moderadamente (-0,580) ($P < 0,01$), ou seja, quando a frequência de ordenha aumenta, o intervalo de ordenha diminui; valor bastante inferior ao obtido por Wethal e Heringstad (2019) (0,99). Tal fato pode ser devido ao processo de edição dos dados na presente pesquisa, pois foram excluídas observações com intervalos de ordenha menores de 5 horas, com valores atípicos de tempo no *box* e de *handling time*. Além disso, Wethal e Heringstad (2019), que também realizaram edição de dados, usaram modelos estatísticos, por lactações completas por cada animal, o que aumentaria a força da correlação entre as duas características. Segundo Wethal e Heringstad (2019) e Carlström et al. (2013), as medidas de frequência e intervalo de ordenha devem ser consideradas, já que podem influenciar algumas características importantes para a eficiência na ordenha. Sabe-se que as variações da frequência de ordenhas são influenciadas pela fase de lactação e nível de produção entre animais e de maneira individual (HOGENBOOM et al., 2019; SANTOS et al., 2018). Conforme vários estudos, as frequências de ordenhas também estão relacionadas à configuração do sistema (DE KONING; VAN DER VORST, 2002),

sistema de tráfego das vacas (SIEWERT; SALFER; ENDRES, 2019), dimensões do galpão e tamanho do grupo (TREMBLAY et al., 2016), alimentação (BACH; CABRERA, 2017; HALACHMI, 2009), distúrbios de saúde (KING et al., 2018) e quantidade de unidades de AMS (SIEWERT; SALFER; ENDRES, 2018).

No presente estudo, a frequência de ordenha, assim como o intervalo de ordenha, mostraram uma correlação muito baixa ou inexistente com os coices e ordenhas incompletas ($P < 0,01$) (Tabela 2). Significa que, o aumento na frequência ou no intervalo de ordenha representa um aumento insignificante na apresentação de coices e ordenhas incompletas. Tais resultados podem estar associados ao tamanho da amostra do presente estudo e processo de edição de dados, que seguiu a metodologia proposta por Wethal e Heringstad (2019), já que foram excluídos registros de intervalos de ordenha menores que 5 horas, para evitar que ordenhas incompletas muito próximas fossem provavelmente consideradas como ordenhas incompletas. Além disso, a diminuição da produção de leite em cada sessão de ordenha, devido a um intervalo de ordenha mais curto, poderia levar a uma ordenha incompleta; de acordo com sua definição, as ordenhas incompletas, são consideradas como a produção de leite na ordenha atual, sendo inferior a 70% da produção esperada em qualquer quarto do úbere (WETHAL; HERINGSTAD, 2019). No presente trabalho, foi observado o mesmo comportamento nestas variáveis, embora, a intensidade na correlação foi menor daquelas mostradas por Wethal e Heringstad (2019) entre frequência de ordenha e coices (0,16), frequência de ordenha e ordenhas incompletas (0,23), intervalo de ordenhas e coices (-0,23) e intervalo de ordenhas e ordenhas incompletas (-0,70). Este fato pode ser atribuído ao tamanho da amostra, que poderia provocar maior variação, pois eles usaram medidas resumidas por lactação completa de cada vaca, analisadas como proporção de ocorrência em cada lactação.

Contudo, estudos mostram correlações entre as frequências e intervalo de ordenhas e o comportamento durante a ordenha, atribuída à resposta da manipulação (JACOBS E SIEGFORD, 2012; CERQUEIRA, 2013; , SABORÍO, 2014; CARDOZO, 2017). Desconforto pelas mastites ou tetos doloridos por aumento na frequência de ordenha, aumentam a apresentação de falhas na fixação das teteiras (RODENBURG, 2013). O grande volume do úbere devido à inflamação causa desconforto ao animal. Além disso, essa inflamação causa dor o que torna difícil a ordenha (SABORÍO, 2014), mas também, o aumento da frequência de ordenhas, associada a maior duração na ordenha, aumentaria a apresentação de escore de

hiperqueratose nos esfíncteres dos tetos (CARDOZO, 2017). Do mesmo modo, as ocorrências de coices, podem ser em resposta ao estresse provocado pelo desconforto no AMS, consequência da diminuição de fluxo de leite e a pressão do sistema de vácuo, ao final da ordenha (JACOBS; SIEGFORD, 2012; CERQUEIRA, 2013). Com essas premissas, poderia considerar também a frequência de coices, como um indicador auxiliar de saúde, associado na apresentação de infecções da glândula mamária. Esta hipótese deve ser analisada com mais detalhe em estudos futuros (HERINGSTAD; KJØREN BUGTEN, 2014).

4 CONCLUSÕES

As correlações foram negativas moderadas entre fluxo de leite e tempo no *box*; *handling time* e eficiência de ordenha, bem como entre tempo no *box* e eficiência de ordenha; e positiva e alta entre fluxo de leite e eficiência de ordenha.

Correlações positivas e altas foram encontradas entre tempo no *box* e *handling time*; e positiva e moderada entre eficiência de ordenha e produção de leite; e correlação positiva baixa entre *handling time* e ordenhas incompletas.

Não houve correlação entre a frequência de ordenha com a quantidade de coices e ordenhas incompletas.

REFERÊNCIAS

BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of dairy science**, 100, n. 9, p. 7720-7728, 2017.

BAKKE, K.; HERINGSTAD, B., 2015, **Data from automatic milking systems used in genetic evaluations of temperament and milkability**. 287.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MATÍNEZ, F. **Introdução à estatística: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. Bookman Editora, 2009. 8536311363.

BYLUND, G. *In*: TETRA PAK PROCESSING SYSTEMS AB (Ed.). **Dairy processing handbook**. 2 ed. Cornell University: Tetra Pak Processing Systems AB, 2003. v. 2, p. 452.

CARDOZO, L. L. **Identificação dos fatores de risco associados a ocorrência de hiperqueratose na extremidade dos tetos em rebanhos leiteiros**. 2017. Tese doutorado (Doutor) - Ciência Animal, Universidade de Santa Catarina, Lages, SC.

CARLSTRÖM, C.; STRANDBERG, E.; PETTERSSON, G.; JOHANSSON, K.; STÅLHAMMAR, H.; PHILIPSSON, J. Genetic associations of teat cup attachment failures, incomplete milkings, and handling time in automatic milking systems with milkability, temperament, and udder conformation. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science**, 66, n. 2, p. 75-83, 2016.

CERQUEIRA, J. L.; ARAÚJO, J. P.; SORENSEN, J. T.; NIZA-RIBEIRO, J. Alguns indicadores de avaliação de bem-estar em vacas leiteiras—revisão Some indicators for the assessment of welfare in dairy cows—a review. **Revista Portuguesa De Ciências Veterinárias**, p. 5-19, 2012.

CÓRDOVA, d. A. H.; ALESSIO, D. R. M.; CARDOZO, L. L.; NETO, A. T. Impacto dos fatores de produção e bem-estar animal sobre a frequência de ordenha robotizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 53, n. 2, p. 238-246, 2018.

DE KONING, K.; VAN DER VORST, Y., 2002, **Automatic milking-changes and chances**. Citeseer. 68-80.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. d. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). 2009.

GÄDE, S.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KALM, E. Estimates of genetic parameters for milkability from automatic milking. **Livestock Science**, 104, n. 1-2, p. 135-146, 2006.

GRINDAL, R. J.; HILLERTON, J. E. Influence of milk flow rate on new intramammary infection in dairy cows. **Journal of Dairy Research**, 58, n. 3, p. 263-268, 1991.

HALACHMI, I. Simulating the hierarchical order and cow queue length in an automatic milking system. **Biosystems engineering**, 102, n. 4, p. 453-460, 2009.

HERINGSTAD, B.; KJØREN BUGTEN, H. Genetic evaluations based on data from automatic milking systems. *In*: Conference ICAR, Berlin, 2014, DOI: 10.13140/2.1.4961.7280. 2014

HOGENBOOM, J.; PELLEGRINO, L.; SANDRUCCI, A.; ROSI, V.; D'INCECCO, P. Invited review: Hygienic quality, composition, and technological performance of raw milk obtained by robotic milking of cows. **Journal of dairy science**, 102, n. 9, p. 7640-7654, 2019.

JACOBS, J.; SIEGFORD, J. Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. **Journal of dairy science**, 95, n. 3, p. 1575-1584, 2012.

KING, M.; LEBLANC, S.; PAJOR, E.; WRIGHT, T.; DEVRIES, T. Behavior and productivity of cows milked in automated systems before diagnosis of health disorders in early lactation. **Journal of dairy science**, 101, n. 5, p. 4343-4356, 2018.

LØVENDAHL, P.; LASSEN, J.; CHAGUNDA, M., 2011, **Genetic analysis of milkability, milking frequency, milk yield and composition in automatically milked cows**. 80.

RODENBURG, J. Success factors for automatic milking. *In: Proceedings of the precision dairy conference and expo; a conference on precision dairy technologies, 2013, Precision Dairy Conference, Mayo Civic Center, Rochester, Minnesotap.* 21-34.

SABORÍO-MONTERO, A. Edema de ubre en ganado bovino. II entrega. **Nutrición Animal Tropical**, 8, n. 1, p. 56-67, 2014.

SANTOS, L. V.; BRÜGEMANN, K.; EBINGHAUS, A.; KÖNIG, S. Genetic parameters for longitudinal behavior and health indicator traits generated in automatic milking systems. **Archives Animal Breeding**, 61, n. 2, p. 161-171, 2018.

SIEWERT, J.; SALFER, J. A.; ENDRES, M. I. Milk yield and milking station visits of primiparous versus multiparous cows on automatic milking system farms in the Upper Midwest United States. **Journal of dairy science**, 102, n. 4, p. 3523-3530, 2019.

SIEWERT, J. M.; SALFER, J. A.; ENDRES, M. I. Factors associated with productivity on automatic milking system dairy farms in the Upper Midwest United States. **Journal of dairy science**, 101, n. 9, p. 8327-8334, 2018.

SILVI, R.; PAIVA, C.; TOMICH, T.; MACHADO, F.; MENDONCA, L.; CAMPOS, M.; PEREIRA, L. Pecuária leiteira de precisão: sistemas de ordenhas robotizadas. **Embrapa Gado de Leite-Docmentos (INFOTECA-E)**, 2018.

STEPHANSEN, R.; FOGH, A.; NORBERG, E. Genetic parameters for handling and milking temperament in Danish first-parity Holstein cows. **Journal of dairy science**, 101, n. 12, p. 11033-11039, 2018.

TREMBLAY, M.; HESS, J. P.; CHRISTENSON, B. M.; MCINTYRE, K. K.; SMINK, B.; VAN DER KAMP, A. J.; DE JONG, L. G.; DÖPFER, D. Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 99, n. 5, p. 3824-3837, 2016.

VOSMAN, J.; POPPE, H.; MULDER, H.; ASSEN, A.; DUCRO, B.; GERRITS, A.; VESSEUR, C.; BOES, J.; EDING, H.; DE JONG, G., 2018, **Automatic milking system, a source for novel phenotypes as base for new genetic selection tools.** -.

WETHAL, K.; HERINGSTAD, B. Genetic analyses of novel temperament and milkability traits in Norwegian Red cattle based on data from automatic milking systems. **Journal of dairy science**, 102, n. 9, p. 8221-8233, 2019.