



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

AVALIAÇÃO DE FATORES PRODUTIVOS DO SISTEMA VOLUNTÁRIO DE ORDENHA EM CINCO EXPLORAÇÕES DE BOVINOS LEITEIROS

Ana Sofia Fernandes da Silva



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Ana Sofia Fernandes da Silva

AVALIAÇÃO DE FATORES PRODUTIVOS DO SISTEMA VOLUNTÁRIO DE ORDENHA EM CINCO EXPLORAÇÕES DE BOVINOS LEITEIROS

Nome do curso de mestrado

Mestrado de Zootecnia

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Joaquim Orlando Lima Cerqueira

Novembro de 2024

*As doutrinas expressas neste
trabalho são de exclusiva
responsabilidade do autor.*

Índice

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
Abstract	vii
TRABALHOS REALIZADOS NO ÂMBITO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ..	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	ix
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Caraterização da raça Holstein Frísia	4
2.2. Caraterização da produção.....	5
2.3. Lactação.....	6
2.3.1. Curva de lactação	7
2.3.2. Dias em leite	8
2.4. Período de transição	10
2.5. Bem-estar animal	11
2.6. A ordenha	13
2.7. Sistema Voluntário de Ordenha	14
2.7.1. Evolução do SVO	16
2.7.2. Frequência de Ordenha.....	17
2.7.3. Fluxo médio	19
2.7.4. Condutividade.....	20
2.7.5. Índice de Detecção de Mastites	21
2.7.6. Alimentação no SVO	21
2.7.7. Comportamentos na box de ordenha.....	23
3. TRABALHO EXPERIMENTAL.....	24
3.1. Material.....	24
3.2. Metodologia	24
3.3. Tratamento estatístico.....	25
3.4. Resultados.....	27
4. DISCUSSÃO.....	39
5. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família. À minha mãe, Luísa, pelo apoio incondicional em cada passo que dou, por me permitir chegar mais longe, por todo o esforço a todos os níveis que me possibilitou chegar até aqui e por toda a ajuda na concretização deste trabalho. Ao meu irmão, Guga, o herdeiro do dom da família, que me faz sempre sorrir, mesmo quando tudo parece uma estrada sem saída. Ao meu namorado, Tiago, por ser a minha âncora de realidade, o meu braço direito, aquele que torna tudo mais bonito e simples e por todo o auxílio na realização desta dissertação de mestrado. À minha avó, Mita, por todos os ensinamentos cruciais ao meu crescimento e à mulher que sou hoje, por todas as comidas maravilhosas e brincadeiras que ficam na memória. Ao meu avô, por todas as palavras de carinho, rimas engraçadas e o abraço caloroso. Ao meu pai, Dilo, que de alguma forma me guia sempre e me aponta a luz ao fundo do túnel, aqui está ela, que nunca deixou de acreditar em mim e me dá força para enfrentar tudo aquilo a que me proponho. A todos os restantes tios, tias, primos e primas, obrigada por estarem sempre do meu lado a celebrar as minhas vitórias, mas também a apoiar-me nos piores momentos.

Às minhas amigas, Micaela Rodrigues, Juleisy Rodriguez e Catarina Pinto um obrigada por nos conseguirmos apoiar entre todas, seja para fins académicos, profissionais e pessoais.

Quero também agradecer à minha entidade empregadora, Exploração Agropecuária Avelino dos Santos Pinto, por me dispensarem tempo para a concretização deste estudo. À técnica de contraste leiteiro Dina Abreu e à Engenheira Ana Paiva, um obrigada em especial pelo empurrão inicial, sem as quais nada disto seria possível. A todos os produtores e famílias por aceitarem trabalhar em conjunto comigo e por abrirem a porta de suas casas com uma amabilidade inigualável.

Por fim, gostaria de agradecer ao meu orientador Joaquim Cerqueira, o qual me apoiou e orientou sempre pelo melhor e fez com que chegasse à reta final. Ao professor Fernando Mata pela ajuda na parte estatística e disponibilidade. À minha instituição de ensino, Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, e a todo corpo docente e funcionários por me ter recebido tão bem e me proporcionarem, possivelmente, 5 dos melhores anos da minha vida.

Obrigada.

RESUMO

Os sistemas voluntários de ordenha (SVO), introduzidos na década de 1990, transformaram a gestão pecuária, permitindo uma maior frequência de ordenhas, a redução do trabalho físico do ordenhador e a monitorização em tempo real de indicadores, como a produção de leite e a saúde animal. Estes sistemas possibilitam intervenções precoces e um manejo personalizado, melhorando a produtividade e o bem-estar animal.

Neste estudo analisaram-se os principais fatores produtivos e de manejo no SVO em cinco explorações leiteiras, no distrito do Porto, para um universo de 531 vacas em lactação, recolhidos entre dezembro de 2023 e junho de 2024, totalizando 109520 registos de ordenha. O tratamento estatístico dos dados realizou-se recorrendo ao SPSS (versão 29) modelo de ANOVA e o teste de comparação de médias Tukey. Utilizaram-se ainda modelos lineares generalizados para a variável dependente “índice de deteção de mastites”.

Os resultados mostraram que a maioria dos animais se encontravam nas três primeiras lactações e que 41,2% foram ordenhados 3 vezes por dia, tendo resultado num valor médio de $2,8 \pm 0,9$ ordenhas/dia. A média do número de lactações foi de $2,5 \pm 1,5$, com uma produção média de $40,2 \pm 11,8$ kg/vaca/dia e duração média de ordenha de 6,8 minutos. O intervalo médio entre ordenhas foi de $9,1 \pm 2,5$ horas, e o índice de deteção de mastites indicou uma baixa incidência de risco severo (média de $1,1 \pm 0,2$). A condutividade média total foi de $4,5 \pm 0,6$ μ S/cm, o fluxo médio total de leite foi de $1,1 \pm 0,3$ kg/min e o consumo de concentrado foi de $5,6 \pm 2,0$ kg/vaca/dia.

O estudo reforça que o SVO promove alta produtividade dos efetivos leiteiros, flexibilidade, monitorização de vários parâmetros produtivos e de manejo animal, além de reduzir a incidência de mastites e melhorar o bem-estar animal. Desta forma, os indicadores fornecidos pelo SVO, sejam produtivos, do animal individual ou do efetivo, revelam um papel fundamental na moderna pecuária de precisão, permitindo não só o aumento da produção de leite por vaca, mas também a implementação de metodologias de melhoramento genético, obtendo animais mais ajustados ao elevado desempenho destes equipamentos.

Palavras-chave: Holstein-Frísia; Produção de leite; Bem-estar animal; SVO; IDM.

Abstract

Voluntary milking systems (VMS), introduced in the 1990s, transformed livestock management, allowing for a greater milking frequency, the reduction of the farmer's physical work and the real-time monitoring of indicators such as milk production and animal health. These systems enable early interventions and personalized management, improving productivity and animal welfare.

In this study, the main production and management factors in VMS were analyzed in five dairy properties, in Porto district, for an universe of 531 lactating cows, collected between december 2023 and june 2024, totaling 109520 milking records. The statistical treatment of the data was carried out using the SPSS (version 29) ANOVA model and the Tukey comparison test. Generalized linear models were also used for the dependent variable “mastitis detection index”.

The results showed that the majority of animals were in the first three lactations and 41,2% were milked 3 times a day, resulting in an average value of $2,8 \pm 0,9$ milkings/day. The average number of lactations was $2,5 \pm 1,5$, with an average production of $40,2 \pm 11,8$ kg/cow/day and an average milking duration of 6,8 minutes. The average interval between milkings was $9,1 \pm 2,5$ hours, and the mastitis detection rate indicated a low incidence of severe risk (average of $1,1 \pm 0,2$). The total average conductivity was $4,5 \pm 0,6 \mu\text{S}/\text{cm}$, the total average milk flow was $1,1 \pm 0,3 \text{kg}/\text{min}$ and the concentrate consumption was $5,6 \pm 2,0 \text{kg}/\text{cow}/\text{day}$.

The study reinforces that the VMS promotes high productivity of dairy herds, flexibility, monitoring of various production and animal management parameters, in addition to reducing the incidence of mastitis and improving animal welfare. In this way, the indicators provided by the VMS, whether productive, of the individual animal or of the herd, reveal a fundamental role in modern precision livestock farming, allowing not only the increase in milk production per cow, but also the implementation of genetic improvement methodologies., obtaining animals more adapted to the high performance of these equipment.

Keywords: Holstein-Friesian; Milk production; Animal welfare; SVO; IDM.

TRABALHOS REALIZADOS NO ÂMBITO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Comunicação em Poster:

- Silva, A.S.F., Mata, F., Araújo, J.P., Pinho, L.A.O., Cerqueira, J.O.L., 2024. Estudo de fatores produtivos do sistema voluntário de ordenha em cinco explorações de bovinos leiteiros. Comunicação em póster no XXIV Congresso Nacional de Zootecnia, 7 a 9 de novembro de 2024, no Espaço AGROS, Póvoa de Varzim.

Livro de Comunicações do Congresso:

- Silva, A.S.F., Mata, F., Araújo, J.P., Pinho, L.A.O., Cerqueira, J.O.L., 2024. Estudo de fatores produtivos do sistema voluntário de ordenha em cinco explorações de bovinos leiteiros. XXIV Congresso Nacional de Zootecnia, 7 a 9 de novembro de 2024, no Espaço AGROS, Póvoa de Varzim. Livro de Comunicações: pág. 213 e 214. ISBN: 978-989-53187-9-7.

LISTA DE ABREVIATURAS

AAE – aminoácidos essenciais
AGL – ácidos gordos livres
AGNE – ácidos gordos não esterificados
BEA – bem-estar animal
BEN – balanço energético negativo
BHB – betahidroxibutirato
CC – condição corporal
CCS – contagem de células somáticas
CE – condutividade elétrica
CEM – células epiteliais mamárias
CMC – consumo médio de concentrado
CMT – condutividade média total
CS – células somáticas
DEL – dias em lactação
FMT – fluxo médio total
FO – frequência de ordenha
FSM - fluxo sanguíneo mamário
IDM – índice de deteção de mastites
IMS – ingestão de matéria seca
IO – intervalo entre ordenhas
MDO – média de duração de ordenha
MIO – média de intervalo de ordenha
PVE – período voluntário de espera
SVO – sistema voluntário de ordenha
VMS – voluntary milking sistem

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1.- Caraterização das explorações alvo de estudo	24
Quadro 3.2.- Estatística descritiva de parâmetros produtivos nas explorações alvo de estudo	28
Quadro 3.3.- Estatística descritiva de parâmetros do SVO nas explorações alvo de estudo	28
Quadro 3.4.- Efeito da exploração na produção diária de leite, no MDO e na MIO	32
Quadro 3.5.- Efeito da exploração na CMT e no CMC	33
Quadro 3.6.- Correlações entre os diferentes parâmetros nas explorações alvo de estudo	36
Quadro 3.7. - Testes à estatística dos modelos e à variável independente utilizada em cada um dos modelos.....	36
Quadro 3.8. – Parâmetros dos modelos ajustados para os fatores do SVO	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.- Curva de lactação para as diferentes estações do ano.....	8
Figura 3.1. - Distribuição de animais pelas diferentes lactações.....	27
Figura 3.2.- Frequência diária de ordenhas nas explorações alvo de estudo	27
Figura 3.3.- Efeito do número de lactação na produção de leite, na MIO, na MDO e no IDM paras as explorações alvo de estudo.....	29
Figura 3.4.- Efeito das fases de lactação na produção de leite paras as explorações alvo de estudo	30
Figura 3.5.- Efeito das fases de lactação na MDO, na MIO e no IDM paras as explorações alvo de estudo	31
Figura 3.6.- Efeito do número de ordenhas diárias na produção de leite nas explorações alvo de estudo.....	33
Figura 3.7.- Efeito do número de ordenhas diárias no FMT, no CMC, no MDO e na MIO nas explorações alvo de estudo.....	34
Figura 3.8.- Efeito das escalas MDO na produção de leite, na CMT e no FMT nas explorações alvo de estudo.....	35

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, a gestão de uma exploração requer precisão e bastante informação. Para atingir este objetivo, a automação, associada a diversos sensores, é importante para determinar as necessidades dos animais, com base nos dados fornecidos (Boldizsár, 2012).

A introdução de sistemas voluntários de ordenha (SVO), no início da década de 1990, aumentou a possibilidade de ordenhar as vacas com mais frequência, reduzir a mão de obra e, conseqüentemente, alcançar maiores produções de leite (Lyons *et al.*, 2013).

A maioria das salas convencionais são projetadas para ter múltiplas vacas em ordenha simultaneamente e adjacentes umas às outras. A maioria dos SVO são unidades de ordenha de boxes únicas e, portanto, as vacas são ordenhadas em isolamento social, separadas das suas companheiras no estábulo (Jacobs e Siegford, 2012).

Além da ordenha robótica, a saúde, o conforto, o bem-estar e a produtividade dos animais podem ser monitorizados através da tecnologia, medindo a atividade, peso corporal, qualidade e quantidade do leite, entre outros.

O objetivo principal é maximizar o desempenho potencial de cada animal através da detecção precoce de doenças e reduzir o uso de medicamentos através de medidas preventivas (Boldizsár, 2012).

O potencial biológico do animal pode fornecer uma grande rentabilidade ao nível de obtenção de um produto final. Este aspeto varia de acordo com a idade do animal, a sua raça, o potencial genético, o grau de conformidade dos meios técnicos com a fisiologia animal, da integridade das condições de alimentação e alojamento, de fatores microclimáticos e de influências externas inadequadas (Palii *et al.*, 2020).

Reconhece-se que a alimentação é o principal incentivo para as vacas se movimentarem no sistema de forma voluntária e distribuída. Qualquer redução no intervalo entre ordenhas (IO) e aumentos associados à frequência de ordenha (FO) traduzem-se numa maior produção de leite (por vaca e por unidade de ordenha), caso contrário, a eficiência geral do sistema diminuiria (Lyons *et al.*, 2013).

Através do SVO, as vacas podem adquirir uma rotina, incluindo uma preferência por uma estação de ordenha específica, ou podem ser mais flexíveis. Se tais rotinas forem duradouras, isso implica um grau de consistência, que pode ter uma componente geneticamente determinada. As vacas também podem desenvolver rotinas ou preferências para serem ordenhadas em horários específicos (Lovendahl e Buitenhuis, 2022).

O presente estudo teve como principal objetivo identificar e analisar os principais fatores produtivos, de manejo e saúde animal associados à utilização do SVO em cinco explorações de bovinos leiteiros situadas na região do Porto, nos concelhos da Maia e Vila do Conde. Destes, destacam-se alguns indicadores produtivos, como a produção de leite, os dias em lactação, o número de ordenhas, a condutividade, o fluxo, entre outros, permitindo uma avaliação ampla das vantagens desta tecnologia de precisão, mas também, da relevância da saúde do úbere nas modernas explorações leiteiras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos anos, na Europa, tem havido um aumento gradual no número de explorações onde a ordenha é realizada por sistemas voluntários de ordenha. De facto, este permite a redução do maneo dos animais pelos ordenhadores e promove o instinto natural dos animais a serem ordenhados. A melhoria do bem-estar resulta em menos stresse, o que também conduz a um aumento significativo na produção (até mais 10%). A adoção deste sistema permite acompanhar o desempenho da produção, o estado de saúde do animal e a presença de quaisquer alterações químicas/físicas no leite, permitindo uma intervenção atempada na gestão do efetivo, conseguindo assim uma melhoria global na quantidade, qualidade do leite e bem-estar animal (Tse *et al.*, 2018; Verde *et al.*, 2023).

Além disso, permite uma maior liberdade das vacas, no sentido em que estas escolhem quando se realiza a ordenha, conseguindo realizar mais do que uma num período de 24 horas, bem como são capazes de alterar dinamicamente os intervalos entre as ordenhas ao longo do período de lactação (Vijayakumar *et al.*, 2017).

Este sistema conduz ao aumento da produção à padronização das operações de limpeza, colocação/remoção e desinfecção dos tetos, garantindo assim maior bem-estar animal e mantendo, automática e continuamente, um grande número de parâmetros do leite sob controlo. Também oferece a oportunidade de gerir o efetivo leiteiro numa base individual, em contradição ao nível do efetivo total (Schwanke *et al.*, 2022; Verde *et al.*, 2023).

Para vacas familiarizadas com a ordenha na companhia de outras vacas e de humanos, a mudança para a ordenha robótica pode ser stressante. Outra grande mudança para as vacas que se adaptam ao SVO é uma motivação diferente para entrar na box de ordenha. Por esta razão, a experiência tem de ser atraente e gratificante, para garantir o retorno das vacas. Na maioria dos casos, é oferecido um concentrado altamente palatável na manjedoura da box de ordenha. Mas, se o processo de ordenha ou as mudanças ambientais forem stressantes para a vaca, pode não ser suficiente para incentivar visitas regulares ao SVO. As vacas que não visitam o SVO por vontade própria devem ser direcionadas fisicamente para o mesmo, o que aumenta o tempo e o custo despendidos. Por esta razão, torna-se particularmente importante quantificar o período de tempo necessário para que as vacas em transição se adaptem à ordenha no novo sistema (Jacobs e Siegford, 2012).

2.1. Caracterização da raça Holstein Frísia

A vida produtiva de um bovino de leite tem início no primeiro parto, com cerca de 2 anos de idade, e termina no seu abate, considerando uma longevidade produtiva entre os 2,5 e os 4 anos. Entre 80% a 90% da sua vida produtiva é dedicada à produção de leite, sendo o período seco o remanescente temporal. Nesta fase é essencial uma adequada prática de manejo para garantir uma boa recuperação e preparação para o próximo parto (Cerqueira, 2021).

No continente americano, o melhoramento da raça incidiu sobre a produção de leite, já no europeu, o melhoramento consistiu em animais de aptidão mista, ou seja, leite e carne. Isto fez com que animais possuindo o mesmo padrão da raça, se tornassem morfologicamente diferentes. Na América, ao fim de algumas gerações surgiram animais mais descarnados e angulosos, e, mais altos, enquanto os animais europeus, embora demonstrando alguma aptidão leiteira, possuíam melhor qualidade de carcaça. Para os diferenciar, é comum denominar os animais desenvolvidos na América do Norte como Holstein e os europeus como Frísios, embora se trate da mesma raça bovina.

O primeiro livro genealógico da raça foi criado em 1873, na Holanda, onde existiam dois ecótipos distintos, o preto e o vermelho. No entanto, a preferência tendia a ser pela pelagem preta e branca. Em 1882 surgiu a Sociedade de Livro Genealógico dos Países Baixos, substituindo os dois anteriores fundados em 1873, o Netherlands Herd-Book, e 1879, o Friesland Herd-Book (Oltenacu e Broom, 2010).

As primeiras referências em Portugal de animais com este padrão transportam-nos até ao século XVII, nas regiões adjacentes a Lisboa. Ao longo do tempo, foram-se expandindo por todo o país. Aveiro e a região circundante passou a ser conhecida como o Solar da Vaca Leiteira. Nos dias de hoje, esta raça de aptidão leiteira está espalhada um pouco por todo o país embora com maior concentração no noroeste de Portugal, com maior número de explorações, mas efetivos menores, e, no sul, com efetivos mais numerosos e pouca prevalência de explorações.

Os animais desta raça possuem uma morfologia característica da aptidão leiteira, facilmente constatado pelo grande desenvolvimento do sistema mamário e da capacidade corporal que lhe permite consumir grandes quantidades de forragem e transformá-la (APCRF, 2008).

2.2. Caracterização da produção

O mecanismo responsável pelo aumento da produção de leite pode estar relacionado com um aumento nas células epiteliais mamárias (CEM), redução da apoptose de CEM e aumento da atividade celular. O número de lactação também influencia a produção de leite em condições de alta temperatura (Vijayakumar *et al.*, 2017).

A adesão aos sistemas voluntários de ordenha, tem vindo a aumentar amplamente, já que se caracteriza como uma tecnologia que reduz o trabalho do ordenhador e aumenta a produção de leite, contudo, a qualidade do produto pode ser comprometida (Tse *et al.*, 2018).

Alguns investigadores documentaram um aumento na produção de leite entre 2% e 25% para ordenhas mais de duas vezes por dia no SVO, quando comparado com aqueles ordenhados duas vezes por dia em sistemas convencionais. A produção de leite aumenta em até 14% aquando da realização de frequências fixas de ordenha de duas para três vezes por dia. Através da comparação entre ordenhas bidiárias ou tridiárias constata-se um aumento considerável de 3,5 kg/dia na produção de leite e 92 g/dia na produção de gordura (Vijayakumar *et al.*, 2017; Tse *et al.*, 2018).

Intervalos de ordenha prolongados têm um efeito negativo na produção de leite e na saúde do úbere. Vacas com um intervalo entre ordenhas muito curto ou muito longo (3 e 21 horas) tiveram uma média de produção diária mais reduzida, 11,5%, em comparação com aquelas ordenhadas com regime de IO de 11 e 13 horas. Portanto, é provável que as vacas não sejam flexíveis o suficiente para acomodar IO extremamente longos (Lyons *et al.*, 2013).

A produção de leite tende a aumentar com o aumento do número de lactações, o que pode ser devido ao desenvolvimento e tamanho do úbere com a consequente libertação de células secretoras. Outras razões para a alta produção de leite podem ser a evolução da paridade, que desempenha um papel significativo no controlo da mobilização de tecidos entre vacas primíparas e múltiparas, e inclui o aumento do peso corporal do efetivo leiteiro em relação ao da primeira lactação. A produção de leite é menor em vacas de 1ª lactação, o que pode ser devido ao início do seu primeiro ciclo produtivo, mas permanecem na fase de crescimento sendo que a glândula e a veia mamárias não estão totalmente desenvolvidas nesta fase. Além disso, a produção tende a ser mais acentuada na 3ª e 4ª lactações. Porém,

vacas com mais de 3 lactações têm tendência a diminuir a produção total de leite (≥ 305 DEL) (Vijayakumar *et al.*, 2017).

Em geral, as multíparas apresentam maior produção de leite em comparação com vacas primíparas. Além disso, vacas no início da lactação têm uma maior produção de leite em comparação com vacas em lactação mais prolongada (Jacobs e Siegford, 2012).

O aumento da produção de leite provocou pouco efeito na qualidade do mesmo, no entanto, é ligeiramente inferior nas explorações com SVO, sendo que a pior fase se encontra nos primeiros 6 meses após a introdução da ordenha robotizada. Apesar do tempo desde a transição para o SVO (seja seis meses ou entre um e três anos após a transição), os ácidos gordos livres e a contagem bacteriana total são mais elevados após a conversão (Tse *et al.*, 2018).

A produção e a composição do leite diminuem com o aumento da contagem de células somáticas (CCS), o que pode ser devido a: maior energia solicitada pelo sistema imunológico contra a infeção, redução do apetite associada à inflamação e diminuição do consumo de alimentos em decorrência da dor; a síntese e a ejeção do leite dos ductos terem sido prejudicadas em decorrência da inflamação; redução da atividade sintética das células epiteliais na glândula mamária lesionada, consequentemente diminuição da produção de gordura e lactose; passagem da lactose do leite para o sangue (Nasr *et al.*, 2017).

O aumento da temperatura climática está associado a perdas de produção nas explorações pecuárias, que são uma parte da alteração ambiental contínua e esperada. A correlação entre a produtividade das vacas é significativamente negativa em relação às condições climáticas, como a intensidade da radiação solar, a força do vento, a temperatura do ar e a humidade. Estes parâmetros devem ter especial relevância na avaliação da influência do ambiente na produtividade leiteira das vacas, uma vez que, podem afetar significativamente a fisiologia animal, atuando em conjunto na sua termorregulação (Nasr *et al.*, 2017; Mylostyvyi e Chernenko, 2019).

2.3. Lactação

A produção de leite sofre alterações durante a lactação. No caso das vacas da raça Holstein-Frísia, as mais velhas têm rendimentos mais elevados em comparação com vacas mais

jovens. A frequência de ordenha tem tendência a aumentar durante o início da lactação para as vacas jovens, depois diminui gradualmente a partir de cerca dos 100 dias em lactação (DEL). Em contraste, a FO diminuiu, geralmente, ao longo da lactação de vacas mais velhas. O tempo de permanência na box do robô de ordenha apresentou heritabilidade moderada e alta repetibilidade (Mylostyyvi e Buitenhuis, 2022).

O efeito negativo de manter a gestação durante a lactação, especialmente a partir do 4º ou 5º mês de gestação tem sido atribuído principalmente a alterações hormonais no organismo materno durante a gestação (Bauman e Currie, 1980; Oltenacu *et al.*, 1980). As alterações endócrinas afetam a partição de energia e proteína da síntese do leite e favorecem o crescimento do feto e a reposição das reservas corporais para a subsequente lactação. As necessidades nutricionais de uma vaca no final da gestação são cerca de 75% maiores do que as de um animal não gestante com o mesmo peso.

O teor de gordura do leite difere significativamente ($P < 0,05$) em todas as classes de fase da gestação. Em particular, as vacas após o sétimo mês de gestação produzem leite com um teor de butirico muito mais elevado (4,03%), em comparação com animais entre 1 e 120 dias (3,77%) e 121 a 210 dias (3,88%) de gestação (Penasa *et al.*, 2016).

2.3.1. Curva de lactação

Os primeiros 100 dias (1 a 100 dias) são, por norma, considerados o estágio inicial, dos 101 aos 200 dias o estágio intermediário e os restantes dias (> 200 dias) são considerados estágio posterior de lactação. O maior pico de produção de leite normalmente obtido na fase inicial, indica que a produção aumenta gradualmente até aos 90 dias, permanece alta por um tempo e depois diminui na fase posterior da lactação. Isto pode estar associado às alterações hormonais que causam a deterioração da glândula mamária, às necessidades nutricionais do feto e à nutrição insuficiente para a produção de leite. A produção de leite aumenta gradualmente a partir da data do parto e a maior produção é normalmente observada no 2º estágio da lactação, posteriormente a produção de leite diminui até o final da lactação (Vijayakumar *et al.*, 2017).

Os animais entre 1 e 120 dias de gestação tendem a produzir entre 0,9kg e 3,1 kg por dia mais leite do que os animais entre 121 e 210 dias de gestação, e aqueles entre 211 e 310 dias de gestação, respetivamente (Penasa *et al.*, 2016).

Na figura 2.1 estão representadas quatro curvas de lactação consoante as estações do ano, em Mashhad no Irão, por cores diferentes. A azul a primavera, a vermelho o verão, a verde o outono e a cinza o inverno. Conclui-se que o outono se revelou como a estação com maior produção de leite, aos 305 DEL, e a primavera o inverso.

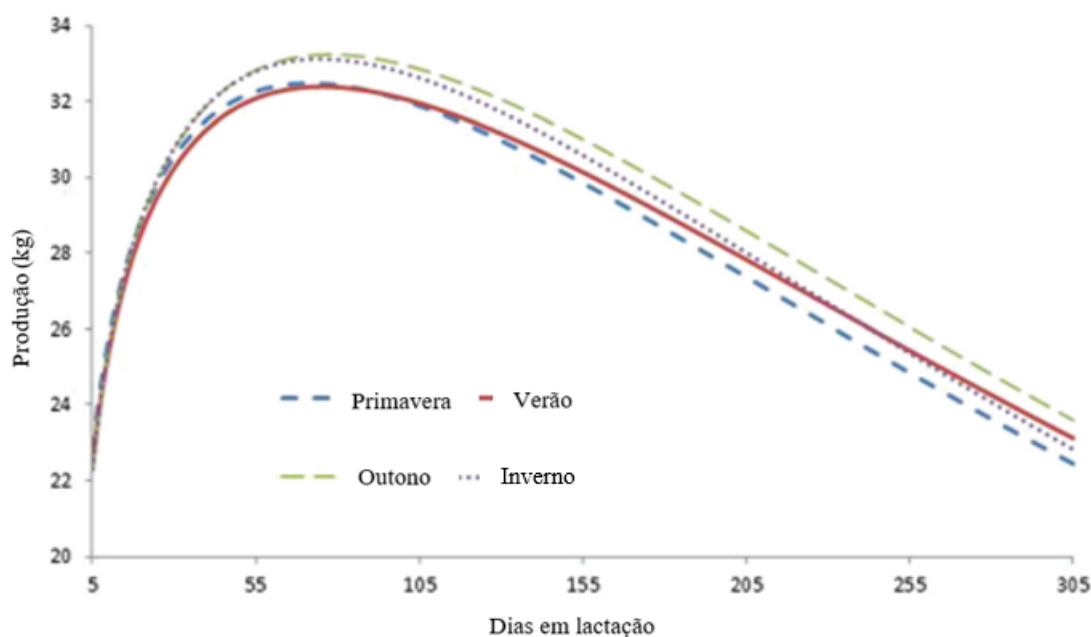


Figura 2.1.-Curva de lactação para as diferentes estações do ano (Elahi Torshizi, 2016)

2.3.2. Dias em leite

O indicador da produção de leite foi definido como a produção total esperada de leite de uma vaca, dependendo do tempo de gestação ou refugo devido a falha reprodutiva. Uma vaca que fica gestante aos 80 DEL terminará a sua lactação em torno dos 360 dias após o parto. Se a vaca for seca 60 dias antes do parto, terá uma produção efetiva de leite de 300 dias. Por outro lado, se uma vaca não fica gestante até aos 250 DEL e é refugada, a produção total de leite é aquela acumulada durante esses 250 dias (Giordano *et al.*, 2011).

Nos dias de hoje, as vacas são capazes de prolongar a sua produção muito mais do que o mínimo recomendado, ou seja, uma lactação de 305 dias. Além disso, o prolongamento da lactação pode ser interessante como uma prática de manejo alternativa para vacas que não conseguiram uma inseminação fecundante no intervalo de tempo predefinido. No entanto, a extensão da lactação pode ter algumas desvantagens importantes. Vacas com um intervalo de parto prolongado passam mais tempo no final da lactação, o que pode levar ao aumento

das percas económicas devido ao elevado número de células somáticas do leite associado a essa fase da lactação (Niozas *et al.*, 2019).

A lactação em vacas leiteiras pode ser prolongada além da lactação padrão, de 305 dias, por reprodução retardada, levando a um intervalo entre partos prolongado. Atrasar a inseminação melhora o comportamento de expressão de cio e permite a inseminação depois do balanço energético da vaca se tornar positivo. No entanto, na maioria dos casos, prolongar o período voluntário de espera (PVE) não tem efeito ou tem um efeito positivo, porém não significativo na reprodução. Esta estratégia desencadeia uma cascata de efeitos a nível dos efetivos leiteiros. Consequentemente haverá uma menor incidência de partos e, portanto, espera-se menos doenças (devido ao periparto ser um período de risco a nível de saúde do animal), menos novilhas de reposição e menos dias secos por vaca por ano. O cenário ideal de vida para a produção de leite considera-se como sendo um prolongamento de 16 meses para primíparas, seguido de um outro de 10 meses para lactações posteriores. Estudos de modelagem da dinâmica do efetivo indicam um efeito positivo da adoção desta estratégia na eficiência ao longo da vida, quantidade de leite produzida em relação à quantidade de ingestão de matéria seca, originando benefícios no prolongamento da lactação, principalmente na produção diária de leite em vacas primíparas e no número reduzido de novilhas de reposição (Sehested *et al.*, 2019).

Outro ponto importante, deriva do facto da capacidade de as vacas prolongarem a lactação, além dos 305 DEL, variar entre os animais individuais. Assim, algumas vacas terão baixos níveis de produção e serão secas involuntariamente longe da data prevista de parto. Além das implicações financeiras diretas desta situação, animais com um intervalo de parto prolongado passarão mais tempo no final da lactação, durante o qual haverá uma maior mobilização de nutrientes para os sistemas vitais do organismo, que não o mamário, e sendo direccionados às reservas corporais. Como tal, esses animais correm maior risco de obesidade, o que por sua vez pode ter um efeito negativo na lactação seguinte (Roche *et al.*, 2009).

Para um PVE de 180 dias a taxa de refugo é maior devido à baixa produtividade em comparação com um PVE de 40 dias. As multíparas apresentam pior saúde do úbere em comparação às primíparas, no entanto, o leite obtido destas vacas tem um menor número médio de dias sem conservar o leite no tanque de refrigeração devido à mastite (Niozas *et al.*, 2019).

Animais submetidos a uma lactação prolongada têm maior produção média de sólidos lácteos do que animais com um período de lactação padrão de 305 dias. No entanto, animais com a lactação prolongada pode refletir um efeito negativo da gestação na lactação, sendo que, as necessidades energéticas do feto são maiores no final da gestação para garantir o seu desenvolvimento (Giordano *et al.*, 2011; Niozas *et al.*, 2019).

As multíparas tendem a ter uma maior CCS do que as primíparas durante toda a lactação. As multíparas, com a produção de leite abaixo da média, são as piores candidatas para optar por uma lactação prolongada, pois apresentam uma eficiência reprodutiva adequada no início da lactação, no entanto, verifica-se uma diminuição desta eficiência ao longo da mesma. Assim vacas de alta produção devem ser mais capazes de prosseguir com esta estratégia, já que permite conservar vacas com um número de lactações mais avançado, e, no caso das primíparas, poderem sustentar um nível satisfatório de produção por períodos mais longos (Armengol e Fraile, 2018).

Um PVE de 120 dias é um período muito promissor, pois existe uma maior eficiência reprodutiva, produção diária de leite semelhante (em comparação com um grupo de lactação curta – PVE de 40 dias) e não tendem a apresentar efeitos adversos na saúde do úbere ou aumento de condição corporal indesejada (Niozas *et al.*, 2019).

2.4. Período de transição

O período de transição, definido como o período de 3 semanas antes e até 3 semanas após o parto, representa um desafio para as vacas leiteiras, pois a produção de leite e a ingestão de matéria seca (IMS) aumentam drasticamente. As alterações metabólicas e hormonais que ocorrem durante este período em vacas leiteiras acarretam inúmeras alterações, com efeitos diretos na saúde, produtividade e desempenho reprodutivo. Durante o período de transição as vacas leiteiras passam por um período de balanço energético negativo (BEN), caracterizado pela maior mobilização de reservas energéticas, principalmente gordura e proteína, para atender às necessidades nutricionais drásticas que a alta produção de leite implica.

Assim, durante o início da lactação, as reservas de gordura em algumas vacas são mobilizadas para a corrente sanguínea na forma de ácidos gordos não esterificados (AGNE) e contribuem para as necessidades energéticas do organismo. No fígado, alguns AGNE são

oxidados ou reesterificados em triglicerídeos que são exportados como lipoproteínas de densidade muito baixa ou armazenados. A medição de AGNE e betahidroxibutirato (BHB) pode ser realizada para obter índices que podem estar relacionados com o BEN ou cetose em animais de transição e a elevação excessiva de AGNE ou BHB pode indicar problemas metabólicos. As concentrações circulantes de AGNE e IMS geralmente têm uma relação inversa. O excesso de mobilização de gordura e o BEN podem atenuar a função do sistema imunológico, e estão associados a efeitos negativos na saúde e produção animal. Manter a saúde e a produtividade durante o período de transição é um dos maiores desafios que os efetivos leiteiras enfrentam (Barletta *et al.*, 2017).

A lactose é um dos principais elementos sensíveis do leite que apresenta distúrbios dos tecidos secretores. A biossíntese de lactose é diminuída como resultado da infecção da glândula mamária, sendo mais uma das preocupações e comum problema de vacas em BEN, ou em período pós-parto (Nasr *et al.*, 2017).

A condição corporal (CC) tem recebido uma considerável atenção como ferramenta de auxílio no manejo de programas nutricionais em efetivos leiteiros. Isto acontece já que a CC das vacas ao parto, a CC mais baixa e a perda de CC pós-parto estão associadas a diferenças na produção de leite, reprodução e saúde.

Vacas em excesso de peso, com CC superior a 4, ao parto apresentam maiores concentrações circulantes de AGNE no início da lactação e até 7 semanas pós-parto, em comparação com vacas com CC moderado ou baixo. As vacas que ganham CC durante o período de transição, de 21 dias antes do parto até 21 dias após o parto, tendem a ter menor concentração circulante de AGNE e BHB após o parto e subsequentemente menos problemas de saúde nesse mesmo período. Assim o retorno à ciclicidade é mais precoce e, conseqüentemente a fertilidade melhora (Barletta *et al.*, 2017).

2.5. Bem-estar animal

O bem-estar animal (BEA) deve ser atingido de uma forma metódica e organizada de modo a evitar erros que, futuramente, possam afetar os produtores, os animais e a sociedade no geral. Um requisito base importante para o alcance desse objetivo consiste na definição correta das características relacionadas com a qualidade de vida de um animal (Hurnik, 1988). O BEA pode definir-se pelo estado em que se encontra o animal, tendo em conta o modo em

como se relaciona com o meio envolvente, tendo em conta a sua saúde, a sua condição física, o seu estado fisiológico e emocional (FAWC, 1993).

Os sistemas voluntários de ordenha são unidades modulares compactas que requerem espaço mínimo no estábulo. Eles podem trabalhar em quase qualquer local de estabulação livre com cubículos ou de cama, e podem ser facilmente movidos para uma nova instalação em uma fase posterior de expansão. Como a ordenha é voluntária, a disposição do estábulo incentiva o acesso com baixo stresse, proporcionando um espaço aberto e adequado perto das estações de ordenha e rotas de fuga para as vacas em espera, melhoram a frequência da ordenha e reduzem o encaminhamento forçado. Recomenda-se um espaço aberto mínimo de pelo menos 6m entre o robô e o primeiro obstáculo (cubículo, escova, etc.), num sistema de estabulação livre, em que os corredores ao longo da manjedoura contemplem os 4,2m de largura e 3,3m de comprimento entre duas fileiras de estabulação livre com cubículos (Rodenburg e House, 2007).

No entanto, vacas ordenhadas em isolamento social e em ambientes desconhecidos mostram sinais de stresse agudo, incluindo a diminuição da produção de leite, presumivelmente devido à redução da secreção de oxitocina. Além disso, esses ambientes aumentam a incidência de defecação, micção e vocalização em vacas leiteiras. O SVO está equipado para ordenhar vacas de modo independente, ou seja, sem assistência humana (Jacobs e Siegford, 2012).

Alguns fatores específicos que podem melhorar a frequência de visitas e o bem-estar incluem garantir que a área ao redor do SVO esteja livre de parasitas. Para este efeito pode optar-se pela colocação de ventiladores horizontais sobre a vaca para resfriá-la e manter os insetos afastados durante a ordenha, piso de borracha, e entrada nivelada ou praticamente nivelada na box de ordenha (Rodenburg, 2017).

Após o parto, pode ser benéfico manter a vaca recém-parida separada das restantes produtoras, entre um dia e uma semana, dependendo da sua saúde e condição. Vacas com alguma patologia podal também devem permanecer alojadas separadamente, de modo a encurtar a distância percorrida até à manjedoura e permitir um maior descanso, bem como, a permanência num ambiente de menor stresse (Lyons *et al.*, 2013).

Os tempos de ordenha não podem ser previstos, já que cada animal pode variar o tempo de ordenha sendo que o fazem mais do que uma vez por dia. Portanto a triagem pós-ordenha no SVO exigirá um intervalo de espera de pelo menos 15 horas, pois, no caso das vacas que apenas são ordenhadas bidariamente, o intervalo entre ordenhas será de pelo menos 12 horas e o SVO transmitirá o valor da média de duração de ordenha diária, ou seja, a média de duração dessas duas ordenhas. Portanto, um estábulo de boa qualidade deve fornecer ração, água, um local para descansar e a oportunidade de retornar para ordenha adicional (Rodenburg, 2017).

Embora o agrupamento por fase de lactação seja comprovadamente vantajoso economicamente em efetivos ordenhados em sala de ordenha, isso não é comumente feito na ordenha robótica. Os efeitos sociais da introdução de novas vacas leiteiras num grupo social estabelecido são geralmente pequenos e de curta duração. Os efeitos da produção de leite nas vacas transferidas para um novo grupo tanto pode permanecer inalterada, como pode ocorrer uma diminuição de cerca de 4,7%. O tempo de descanso também reduz, mas o maior efeito comportamental observado é o deslocamento muito mais frequente da nova vaca para o comedouro no primeiro dia, com declínio gradual nos dias seguintes. Tal pode ser explicado através da competição na manjedoura com as outras vacas, principalmente as dominantes, por uma questão de hierarquia. Este comportamento também é válido no acesso à box de ordenha. Assim, os benefícios de grupos sociais estáveis na ordenha robótica podem superar os benefícios do agrupamento por fase da lactação (Lyons *et al.*, 2013; Rodenburg, 2017).

A produção de leite e os componentes do leite podem também ser indicadores de conforto animal, uma vez que são afetados pelo estado fisiológico do organismo sujeito a altas temperaturas (Mylostyyvi e Chernenko, 2019).

2.6. A ordenha

O processo de ordenha de uma vaca é bastante complexo. Envolve o sistema nervoso, glândulas endócrinas e músculos. A correta implementação do processo tecnológico de ordenha desempenha um papel preponderante na obtenção de leite de alta qualidade. Os principais fatores são: uma estimulação eficaz do teto e consequente descida do leite do úbere da vaca; a capacidade de ajustar o vácuo do ar, a compressão da tetina, a frequência

das pulsações e o tamanho da borracha da tetina; os dispositivos de ordenha não devem causar irritação patológica nos tetos e úberes; o retiro automático das tetinas com ordenha completa da vaca, garantindo a segurança total dos animais em caso de sobreaquecimento acidental do conjunto de ordenha nos tetos do úbere; a confiança no equipamento de ordenha e a simplicidade da sua manutenção (Palii *et al.*, 2020).

De acordo com os requisitos zootécnicos da ordenha mecânica de vacas, as quatro tetinas de ordenha devem ser aplicadas apenas 50 a 60 segundos, após vários estímulos específicos que podem suscitar algum stresse numa primeira fase de habituação. Alguns exemplos deste tipo de estímulos são os sons da máquina de ordenha, a lavagem externa dos tetos do úbere, a massagem e secagem dos tetos e a ordenha do primeiro leite. Como resultado, a oxitocina, é libertada na glândula pituitária, que começa a circular pelo organismo, através da corrente sanguínea. A oxitocina também ajuda a estimular a descida do leite. No entanto, é libertada por um período limitado de tempo (aproximadamente quatro a seis minutos). Se a vaca não for ordenhada durante esse período, o úbere não relaxa e parte do leite permanece sem ordenha (Maris *et al.*, 2023).

As diferentes quantidades de produção e tempos entre quartos levam a uma visão favorável dos métodos de ordenha de cada quarto, o que, desta forma, deve evitar qualquer possibilidade de sobreordenha. Outra inovação específica dos sistemas robóticos é a separação das primeiras pulverizações e do leite anormal, que é encaminhado para um tanque de armazenamento seletivo. Os robôs de ordenha incluem numerosos sensores e podem ser usados para fazer medições e análises relacionadas à produção, qualidade do leite e estado de saúde do animal (Kuczaj *et al.*, 2020).

2.7. Sistema Voluntário de Ordenha

O conjunto de ordenha ou tetinas individuais são aplicados nos tetos da vaca por meio de um braço robótico, que está disponível em dois tipos diferentes: o conjunto de ordenha está localizado na extremidade do braço e as tetinas são aplicados no animal sucessivamente; o braço robótico posiciona as tetinas uma a uma e aplica-as individualmente no úbere do animal. Os movimentos do braço robótico devem ser rápidos, precisos e silenciosos; portanto, são realizados por motores elétricos e/ou pneumáticos ou hidráulicos. No caso dos motores hidráulicos, o SVO é equipado com uma bomba hidráulica embutida na unidade,

enquanto que, no caso dos acionados pneumáticamente é fornecido um compressor de ar externo. No final da ordenha e antes da entrada da próxima vaca, as tetinas são lavadas com água quente e, em alguns casos, higienizadas por insuflação de vapor pressurizado a mais de 120° (Verde *et al.*, 2023).

Os parâmetros padrão a controlar são os seguintes: produção de leite, tempo de ordenha, intervalo entre ordenhas, condutividade elétrica do leite e sangue no leite. A análise dos parâmetros referidos permite detetar alterações na glândula mamária da vaca. Os parâmetros registados pelos sistemas voluntários de ordenha podem variar em função do modelo do SVO e da configuração do equipamento (Isakova e Ryaposova, 2023).

A rápida alternância do laser e da imagem 3D pode seguir o teto de uma vaca em movimento. Com o braço flexível do robô, a maioria dos tipos de tetos podem ser ordenhados, sejam eles estreitos ou largos ou até mesmo compridos ou curtos. O efeito disso também se reflete na redução de rejeições de tetos não ordenhados.

O mecanismo de ordenha do DeLaval® VMS é muito eficiente: é realizado por uma unidade completamente separada do sistema de ordenha utilizando água e ar comprimido, que consiste na limpeza, ordenha, estimulação e secagem. Na ordenha, quando o leite anormal é detetado, é automaticamente separado. Ainda aquando da ordenha, o SVO faz uma limpeza regular e automaticamente dos elementos do seu equipamento: enxagua o piso, e, entre duas ordenhas, os copos e a câmara 3D (Boldizsár, 2012).

Uma alternativa aos leitores a laser, que fazem uma leitura de uma linha de cada vez, são as câmaras 3D. A principal vantagem desta técnica é que não é necessário atualizar o formato do úbere no sistema, mas as coordenadas são obtidas diretamente da câmara à entrada do animal. Isto permite aumentar a taxa de fixação, reduzir o stresse animal, reduzir o tempo e o custo de maneo, aumentando o desempenho do modelo DeLaval® VMS300 em comparação ao modelo Clássico. Nesse sentido, o modelo mais recente não possui o controlador manual para o operador.

Do ponto de vista tecnológico, o SVO é um sistema complexo, composto por várias partes incluindo a box de ordenha, o sistema de identificação eletrónica e o sistema de localização de tetos, o braço robótico e uma série de sensores, com sistema informático de gestão de dados associado. O aspeto mais inovador é definitivamente a ordenha de quarto único. Esta

é uma inovação importante disponibilizada por sistemas automatizados de manejo de tetinas e está a começar a ser introduzida também nas ordenhas convencionais (Verde *et al.*, 2023).

O subsistema mais sofisticado, e provavelmente o mais importante, é o sistema de detecção de tetos. Tais sistemas devem ser capazes de detetar a posição do úbere, localizar a posição dos tetos individuais e acompanhar os movimentos do animal, e consequentemente, o dos tetos, tendo em conta que a posição destes varia, não só de um animal para outro, mas também entre ordenhas subsequentes do mesmo animal (Boldizsár, 2012; Verde *et al.*, 2023).

Em relação à qualidade, os sensores instalados podem determinar o teor de gordura, proteína e lactose do leite. No que diz respeito à saúde, pode existir um dispositivo que realize a contagem de células somáticas, utilizando medições óticas ou de viscosidade do produto ordenhado (Alteriis *et al.*, 2023). Assim, é capaz de avaliar a possível presença de mastite clínica e subclínica por quarto individual do úbere (Verde *et al.*, 2023).

A presença de sangue no leite, indicador tanto do estado inflamatório do úbere quanto do trauma sofrido pelo animal, pode ser detetada por meio de um sensor colorimétrico. A dosagem de progesterona, a partir de um volume mínimo de leite retirado durante a ordenha, pode evidenciar a presença de cio e/ou gestação na vaca (Alteriis *et al.*, 2023).

Com base na análise comparativa de desempenho entre os sistemas de ordenha automática VMS300 e Clássico, pode-se concluir que as vacas ordenhadas pelo sistema VMS300 a produção de leite é significativamente maior por dia e por lactação, bem como um maior teor butiroso e proteico do que aquelas ordenhadas pelo sistema Clássico. Além disso, o sistema VMS300 também apresenta uma menor condutividade total de leite e maiores picos de fluxo total. Estes resultados sugerem que o sistema VMS300 pode ser uma opção mais eficiente e eficaz para ordenha de vacas do que o sistema Clássico (Verde *et al.*, 2023).

2.7.1. Evolução do SVO

O primeiro protótipo experimental foi desenvolvido na Alemanha, em 1980, pelo engenheiro agrónomo Karl Rabold. O objetivo principal era substituir a mão de obra, que já na altura era escassa. No entanto, por ser um sistema autónomo, depende de vários fatores, que vão desde o comportamento das vacas até à gestão das atividades dentro da exploração agrícola (Lauwere *et al.*, 1996).

O primeiro sistema voluntário de ordenha foi instalado na Holanda em 1992. Com o aumento dos custos de produção e a queda do preço do leite, os produtores viram-se obrigados a aumentar a produtividade. Até 1998, a adoção desta tecnologia foi lenta, mas, a partir desse ano, os sistemas robotizados começaram a ser amplamente aceitos, tanto na Holanda como noutros países da Europa, no Japão e na América do Norte. No final de 2003, aproximadamente 2200 explorações comerciais em todo o mundo já utilizavam um ou mais sistemas voluntários de ordenha (Koning e Rodenburg, 2004; Pirlo *et al.*, 2005).

2.7.2. Frequência de Ordenha

Vacas com uma alta frequência de ordenha, são capazes de escolherem ser ordenhadas por períodos de tempo mais curtos, ou seja, o intervalo entre ordenhas diminui (Lovendahl e Buitenhuis, 2022).

A diminuição da frequência de ordenha reduz a produção de leite, que pode estar ligado a um declínio na absorção mamária de nutrientes, associado a uma mudança na eficiência da glândula mamária na conversão desses nutrientes em componentes do leite. Esta alteração pode ser devida a uma diminuição no fluxo sanguíneo mamário ou na capacidade de a glândula extrair nutrientes da corrente sanguínea, ou ambos. A capacidade de extração de nutrientes da glândula mamária pode ser afetada na vaca leiteira após um aumento no intervalo de ordenha de 8 para 24 horas. Para esse mesmo intervalo de ordenha, o volume do leite pode decrescer cerca de 25% e as taxas de extração dos precursores dos componentes do leite (glicose, α -amino nitrogénio, BHB e glicerol total) podem diminuir cerca de 5% (Delamaire e Guinard-Flament, 2006).

Para vacas primíparas, é comum verificar-se um intervalo entre ordenhas mais prolongado durante o início da lactação, diminuindo em torno dos 100 DEL, e, aumentando lentamente durante a restante lactação. Nas vacas mais velhas, observa-se um aumento constante a partir do início da lactação. A frequência de ordenha aumenta durante o início da lactação em vacas jovens, enquanto que em vacas mais velhas diminui constantemente (Lovendahl e Buitenhuis, 2022).

Quando o aumento do intervalo de ordenha é acompanhado por uma redução da absorção de nutrientes pela glândula mamária e do metabolismo oxidativo, há uma diminuição na produção de leite de cerca de 3,7 kg/dia. A absorção mamária de nutrientes tende a diminuir

entre os intervalos de ordenha de 12 e 16 horas e reduz mais entre os intervalos de ordenha de 16 e 24 horas. Quando comparados intervalos de ordenha de 8 e 24 horas, a absorção de glicose, precursor da lactose do leite, tende a diminuir cerca de 26%. Qualquer que seja o intervalo de ordenha, a quantidade de sangue necessária para sintetizar 1 kg de leite permanece a mesma. Embora a eficiência da glândula mamária na conversão de nutrientes em componentes do leite seja geralmente preservada, podem existir alguns ligeiros desvios, dependendo do tipo de nutriente. Assim, a eficiência da glândula mamária na conversão de glicose em lactose não parece ser marcadamente afetada. A relação entre a glicose absorvida e a lactose secretada permanece estável independentemente do intervalo de ordenha.

O metabolismo dos aminoácidos não se altera significativamente pelo aumento do intervalo de ordenha: a relação absorção:produção de aminoácidos totais e não essenciais tende a permanecer constante. Apenas a relação absorção:produção de aminoácidos essenciais (AAE) podem indicar uma redução na eficiência da glândula mamária em converter AAE em componentes proteicos do leite, no caso do intervalo de ordenha ser igual a 24 horas. Em contraste, a glândula mamária tende a ser mais eficiente na conversão de acetato e BHB em ácidos gordos do leite (AGL), de curta e média duração, quando o intervalo de ordenha é de pelo menos 16 horas.

Este aumento na eficiência mamária para converter o acetato e o BHB em AGL de curta e média duração pode contribuir para manter a síntese AGL e explicar, pelo menos parcialmente, a pequena redução na produção destes componentes quando comparada com a produção dos componentes proteicos e do volume do leite.

A redução na produção de leite observada após um aumento no intervalo de ordenha está mais intimamente associada a uma queda na absorção de nutrientes, pela glândula mamária, do que a uma perda de eficiência da mesma na conversão desses nutrientes em componentes do leite. Essa redução na absorção de nutrientes ocorre, parcial ou totalmente dependendo do tipo de nutriente, em decorrência da queda do fluxo sanguíneo mamário (FSM). Esta última resulta provavelmente de uma dupla regulação de origem local, isto é, uma regulação metabólica (a glândula mamária poderia controlar o FSM em função das suas necessidades) associada a uma regulação física (ligada à quantidade de leite acumulada na glândula mamária) (Delamare e Guinard-Flament, 2006).

Com o uso de portas inteligentes é possível controlar o tráfego das vacas. São formados intervalos de ordenha mais uniformes, o que tem um efeito favorável na saúde da glândula mamária e no número de células somáticas. O número de ordenhas também pode aumentar, sendo um objetivo do SVO. Com a ajuda de portas inteligentes e pontos de identificação localizados em diversos pontos do estábulo, é possível localizar a vaca no estábulo e perceber o tempo despendido em cada área. Através do ecrã sensível ao toque do SVO, é possível determinar áreas específicas para que este controlo seja feito de forma mais específica (Boldizsár, 2012).

2.7.3. Fluxo médio

Uma diferença mínima de 0,5 minutos por extração da tetina de cada quarto, no tempo total de ordenha, é valiosa em termos de eficiência do equipamento e permite mais ordenhas por dia. Assumindo um efetivo leiteiro com um SVO e 60 vacas ordenhadas 2,5 vezes por dia, um minuto a menos de tempo de ordenha economiza um total de 150 minutos por dia. Com um tempo médio de ordenha de 7 minutos, isso permitiria a adição de 21 ordenhas por dia e o número de vacas ordenhadas por hora aumentaria em 1%, de 7,5 para 8,5, reduzindo o tempo na zona de espera para todas as vacas no sistema.

Num SVO, a fixação sequencial das tetinas, o que significa que são fixadas em momentos diferentes para cada quarto, não afeta a extração do leite. No entanto, pode afetar o potencial de encurtamento do tempo de ordenha, uma vez que o último quarto destacado determina o tempo total de ordenha para todos os quartos. Assim, apesar das limitações do potencial para encurtar este tempo, a ordenha ao nível do quarto reduz ou elimina a sobreordenha e permite uma pressão menor dos tecidos do teto. Quando a sobreordenha é diminuída, o risco de danos ao teto também o é, reduzindo o risco de mastite.

A oxitocina precisa ser continuamente elevada durante a ordenha para a remoção completa do leite possível e reduzir o tempo de ordenha. O fluxo médio do leite não deve ultrapassar os 0,48 kg/min, ao nível do quarto do úbere, sem perder na produção, ou comprometer a composição do leite, ou na saúde do úbere (Krawczel *et al.*, 2017).

2.7.4. Condutividade

A infecção intramamária origina alterações na composição do leite, incluindo um aumento nos níveis de salinidade. O método consiste na determinação da concentração de iões, principalmente sódio, potássio e cloreto, no leite. Na presença de mastite, a concentração de potássio diminui no leite, enquanto que as concentrações de sódio e cloreto aumentam, com consequente aumento da condutividade elétrica (CE) (Paudyal *et al.*, 2017; Boas *et al.*, 2017).

A paridade e a fase de lactação estão associadas a diferentes níveis de CE. Este parâmetro tende a ter valores mais elevados no início e no final da lactação. Isto pode dever-se ao facto de o conteúdo sólido no leite variar ao longo das fases de lactação (Paudyal *et al.*, 2017).

O aumento da fração lipídica do leite exerce um efeito inibitório sobre a CE não apenas devido à redução do meio condutor total, mas também devido ao obstáculo físico que os glóbulos de gordura representam para a migração de iões.

Aquando da mastite observa-se um aumento das células somáticas do leite, o que se deve à tentativa de defesa do organismo pelo recrutamento de leucócitos para a glândula mamária, bem como à descamação do epitélio glandular. Além disso, ocorre um maior fluxo de iões da corrente sanguínea para o leite, aumentando assim a CE. Todas essas alterações ocorrem concomitantemente quando a glândula é colonizada por microrganismos. Essa relação positiva entre essas características sugere o uso da CE como método auxiliar para o diagnóstico da mastite (Boas *et al.*, 2017).

No geral, a CE do leite, para os grupos patogénicos associados a vacas afetadas, tanto pode rondar os 12,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como os 7,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e superior a 5,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dependendo do estado da inflamação da glândula mamária, corresponderá a severo, moderado e ligeiro, respetivamente. No entanto, também podem existir situações em que os valores da CE são diminuídos em relação aos valores padrão (ronda os 4,799 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Neste caso, alguns agentes como *Streptococcus agalactiae* podem impulsionar valores de condutividade mais baixos do que os quartos cuja mastite se deve ao agente *Streptococcus spp.*, que se revela maioritariamente ambiental (Paudyal *et al.*, 2017).

2.7.5. Índice de Detecção de Mastites

O índice de detecção de mastites (IDM), é um valor menos conhecido registrado pelo sistema de ordenha robotizada. É calculado com base em três parâmetros: condutividade elétrica do leite, intervalo entre ordenhas e presença de sangue em cada quarto do úbere (Penry *et al.*, 2018).

O IDM pode estar no intervalo de 0,8 a 4,0. Quando é inferior a 1,8 significa que este animal não tem problemas na glândula mamária. Quando o IDM é superior a 1,8, isto indica que a vaca específica deve ser examinada para detetar a mastite. No entanto, não existem evidências científicas suficientes e óbvias da relação entre o IDM e a mastite em vacas de alto rendimento.

A mastite clínica pode ser detetada nas vacas com IDM superior a 2,2., e a subclínica tende a ser detetada em vacas com IDM de 1,8 a 2,2. Nas vacas com IDM inferior a 1,8 durante todo o período de teste é comum não se revelar mastite. Os exames para associação entre o IDM e a mastite diagnosticada apresentam uma correlação positiva (Isakova e Ryaposova, 2023).

Tendo em conta as recomendações fornecidas no Manual do Sistema de Ordenha VMS™ V300, onde os índices de detecção de mastite são divididos aproximadamente nos seguintes intervalos:

- Inferior a 1,8: úbere normal;
- De 1,8 a 2,2: úbere requer atenção;
- Superior a 2,2: animal com mastite.

Assim, confirma-se que o IDM pode ser utilizado como uma ferramenta adicional para o diagnóstico da mastite que permite a tomada de medidas precoces e imediatas (Penry *et al.*, 2018; Isakova e Ryaposova, 2023).

2.7.6. Alimentação no SVO

O manejo alimentar para vacas ordenhadas usando um SVO difere daquele das vacas ordenhadas numa sala convencional, já que as primeiras normalmente recebem uma ração mista parcial na manjedoura e um suplemento concentrado entregue pelo SVO num comedouro durante a ordenha. O fornecimento de concentrado no robô de ordenha é um

fator motivador, incentivando as vacas a entrar voluntariamente no SVO para serem ordenhadas. Como resultado, o uso de concentrado para atrair vacas, juntamente com a capacidade de fornecer diferentes quantidades de concentrado para vacas individuais, resulta na capacidade de ajustar a quantidade de concentrado no SVO, não apenas para potencialmente minimizar o encaminhamento forçado de vacas que estão relutantes em ordenhar voluntariamente, mas também para permitir a alimentação ao nível da vaca com base em considerações sobre as necessidades individuais de nutrientes de cada uma para a saúde e a produção. Para reduzir o encaminhamento forçado é importante que o concentrado seja altamente palatável, pois esta tarefa faz com que as vacas comam menos, passem menos tempo em decúbito e em ruminação o que pode ser negativo do ponto de vista do bem-estar. (Schwanke *et al.*, 2022).

A estrutura física dos concentrados também é importante para o consumo, sendo que as vacas preferem os alimentos peletizados aos moídos. A composição química e as concentrações energéticas são bastante semelhantes em relação aos grãos tipicamente usados: cevada, aveia, centeio, trigo e milho. Embora a aveia tenha baixo teor energético e o milho alto teor energético, verificam-se maiores diferenças aquando da utilização da erva, com baixo teor energético e o concentrado rico em gordura com maior teor energético.

Aquando da utilização de concentrados com alto teor de cevada-aveia ou trigo verifica-se um efeito positivo nas visitas ao SVO, no consumo de concentrado e na produção de leite. No caso da mistura entre cevada e aveia, as visitas do SVO tendem a aumentar cerca de 44%, com ou sem ordenha, e a percentagem de vacas orientadas para ordenha reduz cerca de 65% em comparação com as vacas com concentrado padrão.

As diferenças significativas no número de visitas ao SVO, quando se utilizam diferentes concentrados, comprovam que as vacas são atraídas em diferentes graus pelos diferentes concentrados. Isto não se reflete apenas no número de visitas para ordenha, mas também no número de vacas que não visitam voluntariamente o SVO. Para além disto, os concentrados peletizados são consumidos muito mais rapidamente do que os concentrados não peletizados, ainda que compostos pelos mesmos ingredientes. Ou seja, a palatabilidade dos concentrados oferecidos no sistema voluntário de ordenha influenciará significativamente o número de visitas das vacas e a produção de leite (Madsen *et al.*, 2010).

2.7.7. Comportamentos na box de ordenha

As características comportamentais variam de animal para animal na box do SVO, contudo em animais geneticamente relacionados pode verificar-se comportamentos bastante semelhantes (Lovendahl e Buitenhuis, 2022).

Novos ambientes têm sido associados ao aumento dos níveis de stresse em bovinos. Quando as vacas são transferidas de um sistema de sala convencional para um SVO, são expostas a um novo ambiente de ordenha. As incidências de vocalização, defecação e micção são consideradas indicadores de stresse agudo ou medo em bovinos e o aumento do movimento (pisar a tetina e patadas) é considerado um sinal de agitação. Vacas primíparas são mais propensas do que vacas multíparas a apresentar comportamentos de passos e coices após a fixação da tetina. A produção de leite no dia zero tende a ser menor do que na restante lactação.

Durante a primeira visita ao SVO, as vacas vocalizam frequentemente, defecam, pisam e chutam antes da fixação da tetina, sugerindo desconforto ou stresse com o novo ambiente de ordenha. No entanto, em menos de 24 horas, os passos e coices antes da fixação da tetina tendem a diminuir e a vocalização e eliminação na box do SVO são quase inexistentes. A rápida diminuição destes comportamentos relacionados com o stresse pode dever-se ao facto de as vacas se sentirem mais confortáveis na box de ordenha, com o ambiente, o equipamento e processo de ordenha robotizada (Jacobs e Siegford, 2012).

As primíparas tendem a apresentar maiores respostas de passos e coices em comparação com as multíparas. Sendo que têm mais espaço para se movimentar durante a ordenha, em comparação com a maioria das multíparas, pode também ser um motivo para aumentar a incidência deste comportamento.

Vacas leiteiras em grande número que utilizam ordenha automática devem escolher entre dois ou três SVO. O grau de consistência varia entre as vacas e é, até certo ponto, hereditário. Pode ocorrer também uma grande variação individual na forma em como distribuem as ordenhas ao longo das horas (denominado intervalo entre ordenhas). Este intervalo apresenta baixa heritabilidade e é moderadamente correlacionado com a produção de leite (Lovendahl e Buitenhuis, 2022).

3. TRABALHO EXPERIMENTAL

3.1. Material

A componente prática do presente trabalho teve por base a realização de um estudo referente a cinco explorações de bovinos de leite na região do Porto, mais concretamente, nos concelhos da Maia e de Vila do Conde, entre dezembro de 2023 e junho de 2024. Realizaram-se visitas às explorações para recolha de informação dos SVO, e outras características dos efetivos, principalmente através da plataforma do sistema informático de ordenha.

Quadro 3.1. - Caracterização das explorações alvo de estudo

Explorações	Concelho	Nº SVO	Animais em produção	Tipo de piso	Sistema de estabulação	Nº de lotes
A	Maia	2	116	Betão com rodo	Tráfego Livre	Único
B		1	54			2 Lotes
C		3	143			
D	Vila do	2	129	Vigas		Único
E	Conde	3	139			

3.2. Metodologia

Para a realização deste estudo foram recolhidos um total de 109520 registos de ordenhas provenientes de 5 explorações leiteiras, pertencentes a 531 vacas em lactação, para um período experimental de 6 meses, onde a raça Holstein Frísia predomina.

A recolha de dados focou-se em alguns dos parâmetros mais importantes fornecidos pelo SVO, tais como:

- Número do animal – número do SNIRA ou de casa;
- DEL– número de dias em lactação de cada vaca;

- Fases de lactação – organização dos dias em lactação em 4 grupos: 1 – ≤ 60 ; 2 - [61, 120]; 3 - [121, 180] e 4 - ≥ 181 ;
- Número de lactação – número de lactação de cada vaca;
- Escalas de lactação – organização do número de lactação em 4 grupos: 1 - (1ª lactação); 2 - (2ª e 3ª lactações); 3 - (4ª lactação) e 4 - (5ª ou mais lactações);
- Produção – produção de leite por vaca por dia;
- Número de ordenhas – número de ordenhas de cada vaca por dia;
- MDO – média de duração de ordenha de cada vaca por dia, em minutos;
- Escalas MDO - organização do MDO em 3 grupos: 1 - [2,0; 4,9]; 2 - [5,0; 10,0]; 3 - [10,1; 15,0];
- MIO – média de intervalo entre ordenhas de cada vaca por dia, em minutos;
- IDM – índice de detecção de mastites. Calculado a partir da condutividade, sangue e produção esperada. Risco baixo - $\leq 1,4$; risco moderado -]1,4, 2,0[; risco severo - $\geq 2,0$;
- Escalas IDM - organização em grupos consoante o risco de mastite. 1 - $\leq 1,4$; 2 - [1,4, 2,0[e 3 - $\geq 2,0$;
- CMT – média da condutividade obtida dos 4 quartos por vaca por dia, em $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- FMT - velocidade média a que o leite é ordenhado no conjunto dos 4 quartos por vaca por dia;
- CMC – quantidade concentrado ingerido por vaca por dia, em quilogramas.

3.3. Tratamento estatístico

A análise estatística foi realizada utilizando os softwares Excel 2019 (Microsoft) e SPSS versão 29 (SPSS Inc.). Foram calculadas estatísticas descritivas, abrangendo medidas de tendência central (média) e dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) para os diferentes dados recolhidos através do programa do sistema voluntário de ordenha.

Para determinar os efeitos do número de lactação, da fase de lactação, da exploração, no número de ordenhas, das escalas de MDO e das escalas de IDM em parâmetros do SVO, utilizou-se um modelo de ANOVA e o teste de comparação de médias Tukey. Recorrendo ao mesmo programa, procedeu-se à determinação dos coeficientes de correlação de Pearson entre todas as variáveis analisadas.

A variável dependente “Índice de Detecção de Mamites” foi utilizada em diferentes modelos ajustados usando cada uma das variáveis dependentes (“Fase de Lactação”, “Número de lactação”, “Nº de Ordenhas por Dia”, “Estado Reprodutivo”, “Produção”, “Condutividade” e “Fluxo”). Utilizaram-se modelos lineares generalizados para variáveis dependentes apresentadas como dados em escala contínua, tendo sido utilizada uma função de ligação identidade semelhante a regressões lineares. Os modelos foram avaliados pelo teste qui-quadrado da razão de verossimilhança, e as variáveis no modelo assim como os níveis dos fatores, pelo teste qui-quadrado de Wald. O critério de informação de Akaike (AIC) para os modelos também é apresentado. Intervalos de confiança de Wald foram produzidos para todos os parâmetros dos modelos. Todos os níveis de significância foram definidos como $P < 0,05$. Os procedimentos foram implementados por meio da rotina de Modelos Lineares Generalizados do pacote estatístico IBM Corp.® SPSS® Statistics, Armonk, NY, EUA. Versão: 29.0.2.0 (20).

3.4. Resultados

Em função dos dados recolhidos do programa do SVO DeLaval® VMS V300, procedeu-se à análise de vários parâmetros, incluindo a produção de leite, os dias em leite, o número de lactação, o número de ordenhas diárias, a duração da ordenha, o intervalo entre ordenhas, o índice de deteção de mastites, a condutividade média total, o fluxo médio total e o consumo diário de concentrado. Pretendeu-se assim analisar estes indicadores individualmente e a relação entre os mesmos.

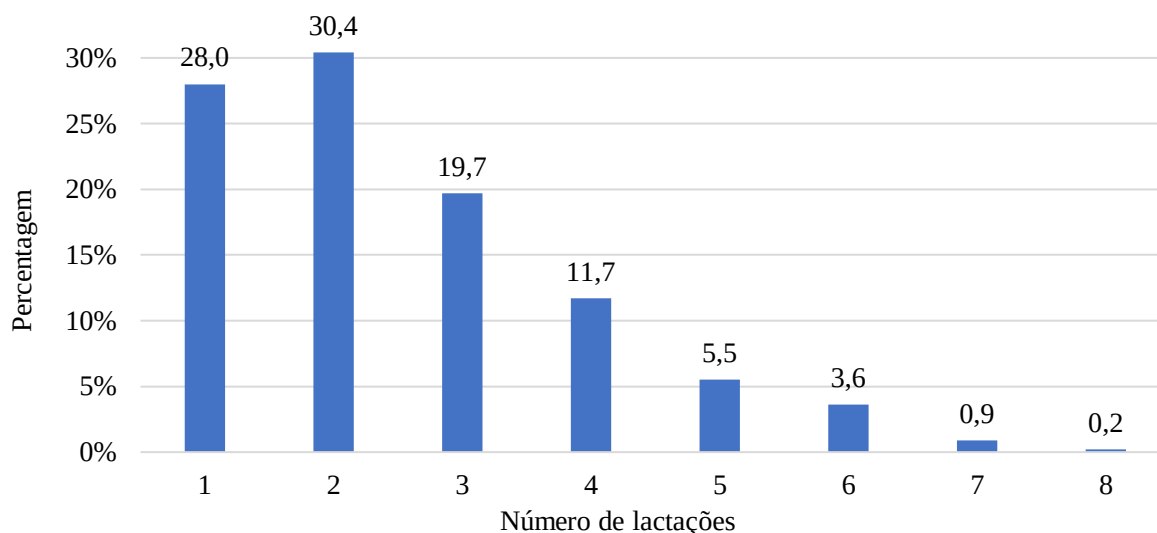


Figura 3.1. - Distribuição de animais pelas diferentes lactações

Para as explorações alvo de estudo, a segunda lactação apresentou um maior número de animais lactantes (30,4%), seguidamente a primeira (28,0%) e a terceira (19,7%). A frequência de animais para as restantes lactações, foi diminuindo gradualmente, desde a quarta lactação (11,7%) até à oitava (0,2%). (Figura 3.1).

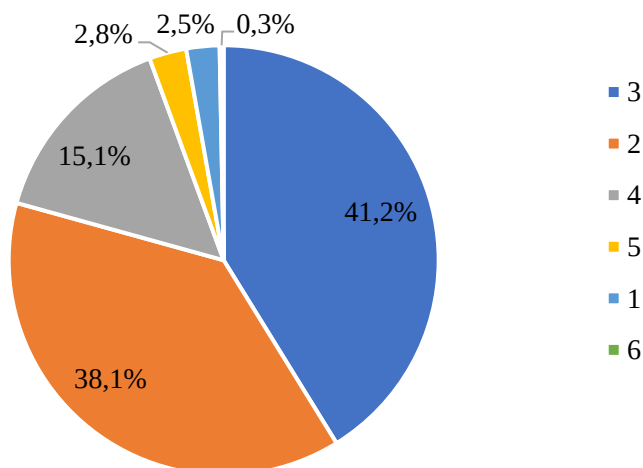


Figura 3.2. - Frequência diária de ordenhas nas explorações alvo de estudo

A figura 3.2 apresenta a distribuição dos animais pelo número de ordenhas diárias realizadas. Assim, o número de ordenhas diárias foi de $2,8 \pm 0,9$, tendo a maioria das vacas realizado duas (38,1%) a três (41,2%) ordenhas por dia, 15,1% com quatro ordenhas e 2,8%, 2,5% e 0,3%, com cinco, uma e seis ordenhas diárias respetivamente.

Quadro 3.2.- Estatística descritiva de parâmetros produtivos nas explorações alvo de estudo

Parâmetros	N	Média±DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
Produção (kg)	109520	40,2±11,8	15,0	103,1	29,4
DEL (dias)		166,0±104,4	4,0	629,0	62,9
Nº lactação		2,5±1,5	1,0	10,0	60,0
Nº ordenhas/dia		2,8±0,9	1,0	6,0	32,3
MDO (min)		6,8±1,8	3,3	16,0	26,5

DEL– número de dias em lactação de cada vaca; MDO – média de duração de ordenha de cada vaca por dia, em minutos.

No quadro 3.2 é possível observar, que a produção média de leite diária foi de $40,2 \pm 11,8$ kg. Os DEL, o número médio de lactações, o número médio de ordenhas diárias e o MDO foram, respetivamente, $166,0 \pm 104,4$ dias, $2,5 \pm 1,5$ lactações, $2,8 \pm 0,9$ ordenhas por dia e $6,8 \pm 1,8$ minutos. Destacam-se os altos coeficientes de variação em alguns parâmetros (DEL e número de lactações), indicando uma grande heterogeneidade entre animais. A média de produção de leite diária atingiu um máximo 103,1kg, para as explorações analisadas.

Quadro 3.3.- Estatística descritiva de parâmetros do SVO nas explorações alvo de estudo

Parâmetros	N	Média±DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
MIO (h)	109520	9,1±2,5	3,1	23,8	27,5
IDM		1,1±0,2	0,1	7,4	18,2
CMT (µS/cm)		4,5±0,6	0,0	7,2	13,3
FMT (kg/min)		1,1±0,3	0,1	2,6	27,3
CMC (kg)		5,6±2,0	0,0	14,5	35,7

MIO – média de intervalo entre ordenhas de cada vaca por dia, em horas; IDM – índice de detecção de mastites. CMT – média da condutividade obtida dos 4 quartos por vaca por dia, em $\mu\text{S}/\text{cm}$; FMT - velocidade média a que o leite é ordenhado no conjunto dos 4 quartos por vaca por dia; CMC – quantidade média de concentrado ingerido por vaca por dia, em Kg.

No quadro 3.3, verifica-se que a MIO foi de $9,1 \pm 2,5$ horas, o IDM contemplou $1,1 \pm 0,2$ valores, a CMT resultou em $4,5 \pm 0,6 \mu\text{S}/\text{cm}$, o FMT revelou $1,1 \pm 0,3 \text{kg}/\text{min}$ e o CMC cifrou-se em $5,6 \pm 2,0 \text{kg}$. Os dados refletem uma variabilidade moderada a alta entre a MIO, o FMT e o CMC, sugerindo uma grande variabilidade no manejo e na nutrição entre as explorações alvo de estudo. Por outro lado, os baixos coeficientes de variação para o IDM e a CMT indicam uma uniformidade nas práticas de detecção de mastites e na qualidade do leite (medida pela condutividade).

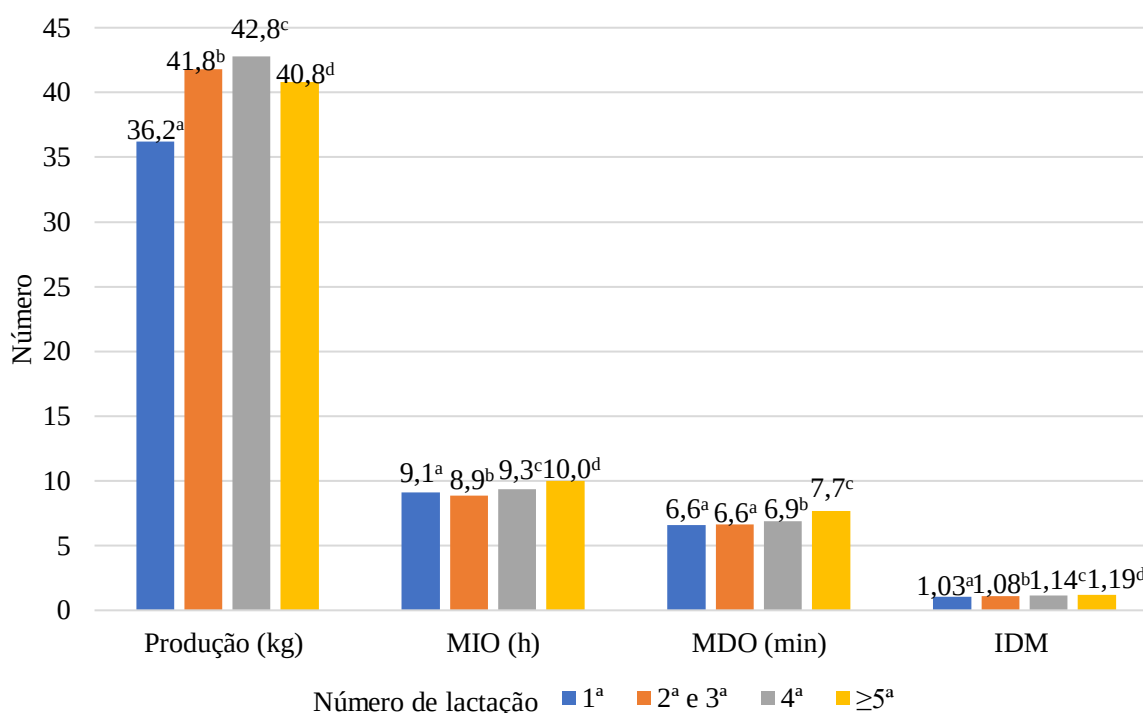


Figura 3.3.- Efeito do número de lactação na produção de leite, na MIO, na MDO e no IDM para as explorações alvo de estudo

Nas componentes analisadas, valores de letra distinta ($a \neq b \neq c \neq d$) são significativamente diferentes. MDO – média de duração de ordenha de cada vaca por dia, em minutos. MIO – média de intervalo entre ordenhas de cada vaca por dia, em horas; IDM – índice de detecção de mastites.

Observaram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre todas as categorias de lactação para a produção diária de leite. Verificou-se uma evolução crescente da produção de leite até à quarta lactação, tendo posteriormente decrescido, a partir da quinta lactação. Na primeira lactação a produção média diária de leite foi de $36,2 \pm 8,9 \text{ kg}$ e na quarta lactação de $42,8 \pm 12,5 \text{ kg}$ (Figura 3.3).

Para a média de intervalo entre ordenhas, averiguou-se efeito ($P<0,05$) das lactações sobre este parâmetro. Constatou-se que as vacas com maior número de lactações (≥ 5) tiveram intervalos entre ordenhas mais longos ($10,0\pm 2,5$ horas), enquanto a segunda e a terceira lactações apresentaram o valor mais baixo ($8,9\pm 2,5$ horas) (Figura 3.3).

Na figura 3.3, para a média de duração da ordenha a primeira, a segunda e a terceira lactações manifestaram diferenças significativas ($P<0,05$) comparativamente à quarta e quinta ou mais lactações. A MDO revelou-se mais elevada para animais na quinta ou mais lactações ($7,7\pm 2,2$ minutos) e semelhante na primeira, segunda e terceira ($6,6\pm 1,7$ minutos).

Ainda na figura 3.3, é possível observar que as diferentes lactações revelaram efeito ($P<0,05$) sobre o índice de deteção de mastites. O IDM foi aumentando à medida que as vacas avançavam na vida produtiva. Assim, a primeira lactação apresentou um valor mais baixo ($1,03\pm 0,2$), em contraste à quinta, ou superiores lactações, que demonstraram um valor superior ($1,19\pm 0,4$).

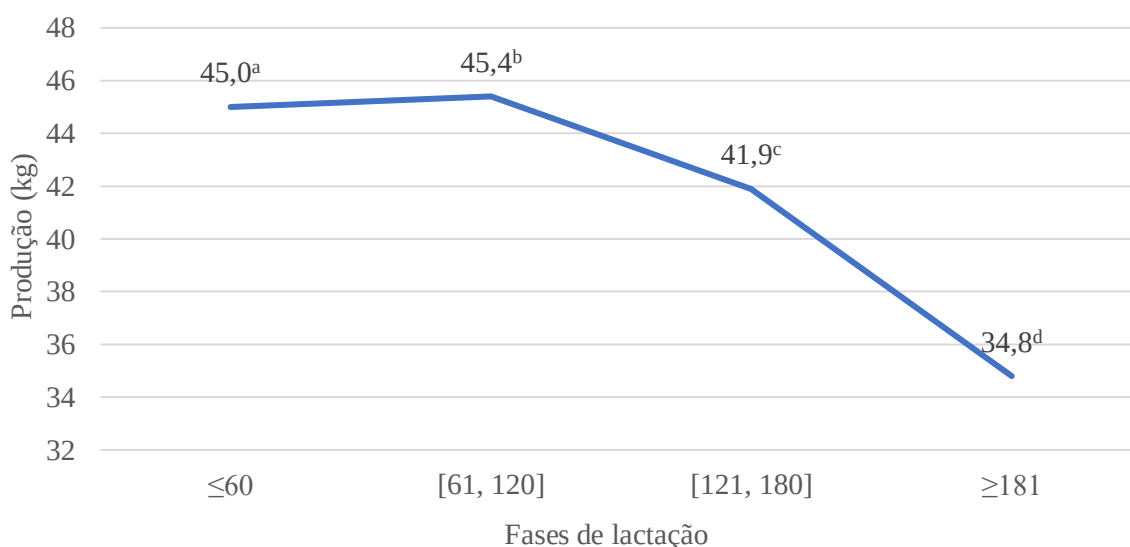


Figura 3.4.- Efeito das fases de lactação na produção de leite para as explorações alvo de estudo

Nas componentes analisadas, valores de letra distinta ($a\neq b\neq c\neq d$) são significativamente diferentes.

Na figura 3.4, todas as fases de lactação influenciaram ($P<0,05$) a produção média diária de leite. A produção média de leite por dia foi mais elevada na segunda fase de lactação ($45,4\pm 11,6$ kg), isto é, entre os 61 a 120 dias, enquanto a quarta fase de lactação (≥ 181 dias) revelou a menor produtividade, com $34,8\pm 9,7$ kg de leite.

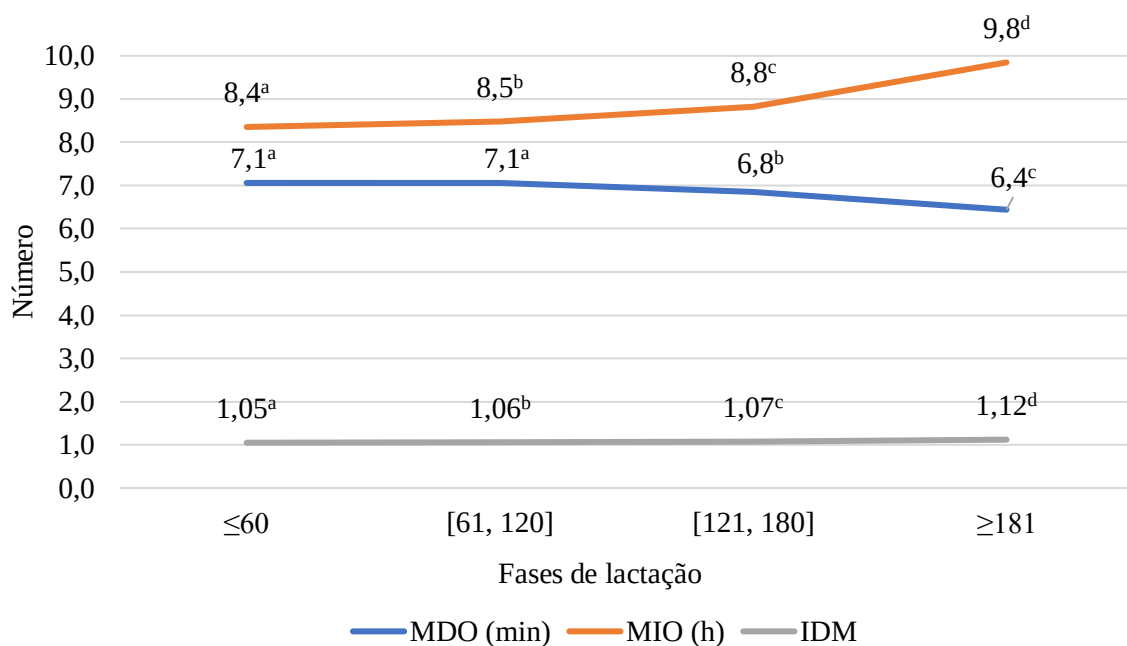


Figura 3.5.- Efeito das fases de lactação na MDO, na MIO e no IDM para as explorações alvo de estudo

Nas componentes analisadas, valores de letra distinta ($a \neq b \neq c \neq d$) são significativamente diferentes MDO – média de duração de ordenha de cada vaca por dia, em minutos. MIO – média de intervalo entre ordenhas de cada vaca por dia, em horas; IDM – índice de detecção de mastites.

A primeira e segunda fase de lactação revelaram diferenças significativas ($P < 0,05$) comparativamente à terceira e à quarta fase de lactação para a MDO. As duas primeiras mostraram-se semelhantes ($7,1 \pm 2,0$ minutos e $7,1 \pm 1,9$ minutos, respetivamente), em contraponto com as fases mais avançadas, sendo a MDO na quarta fase a mais rápida ($6,4 \pm 1,6$ minutos) (Figura 3.5).

Na figura 3.5 verifica-se que, todas as fases de lactação surtiram efeito ($P < 0,05$) na MIO. Esta foi aumentando ao longo da lactação, sendo a primeira fase a que corresponde ao intervalo entre ordenhas mais curto ($8,4 \pm 2,5$ horas) e a quarta o mais longo ($9,8 \pm 2,4$ horas).

As fases de lactação tiveram influência ($P < 0,05$) no índice de detecção de mastite. Ainda que os valores tomassem uma linha crescente à medida que a lactação avançou, a média do IDM, para todas as fases de lactação, manteve-se em níveis baixos, indicando que o risco de mastite foi sempre baixo. Assim, na primeira fase de lactação obtiveram-se valores mais baixos ($1,05 \pm 0,15$) do que na quarta, e última, fase ($1,12 \pm 0,27$) (Figura 3.5).

Quadro 3.4.- Efeito da exploração na produção diária de leite, no MDO e na MIO

	Explorações	N	Média±DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
Produção (kg)	A	21753,0	37,7 ^a ±11,2	15,0	83,9	29,6
	B	10222,0	36,7 ^b ±10,7	15,0	80,0	29,2
	C	27739,0	39,2 ^c ±11,3	15,0	90,9	28,8
	D	22907,0	41,9 ^d ±11,1	15,0	88,1	26,5
	E	26899,0	43,3 ^e ±12,7	15,0	103,1	29,3
	Significância		P<0,05			
	Total	109520,0	40,2±11,8	15,0	103,1	29,3
MDO (min)	A	21753,0	6,5 ^a ±1,9	3,3	15,0	29,2
	B	10222,0	7,4 ^b ±2,1	3,3	16,0	28,3
	C	27739,0	6,2 ^a ±1,6	3,7	14,9	25,8
	D	22907,0	7,0 ^c ±1,8	3,7	15,9	25,7
	E	26899,0	6,9 ^d ±1,8	3,7	15,6	26,1
	Significância		P<0,05			
	Total	109520,0	6,8±1,8	3,3	16,0	26,5
MIO (h)	A	21753,0	9,4 ^a ±2,2	3,2	22,8	23,4
	B	10222,0	9,7 ^b ±2,7	3,5	23,4	27,8
	C	27739,0	8,5 ^c ±2,3	3,1	23,8	27,1
	D	22907,0	9,4 ^a ±2,5	3,6	19,9	26,5
	E	26899,0	8,9 ^d ±2,7	3,1	23,8	30,3
	Significância		P<0,05			
	Total	109520,0	9,1±2,5	3,1	23,8	27,3

Nas componentes analisadas, valores de letra distinta (a≠b≠c≠d≠e) são significativamente diferentes. MDO – média de duração de ordenha de cada vaca por dia, em minutos. MIO – média de intervalo entre ordenhas de cada vaca por dia, em horas.

No quadro 3.4, verificou-se que existem diferenças significativas (P<0,05) entre todas as explorações para a produção diária de leite. Deste modo, a E foi a que obteve a produção média diária de leite mais elevada (43,3±12,7kg), em contrapartida com a B (36,7±10,7kg), que revelou a produção inferior.

A exploração manifestou efeito (P<0,05) na MDO, tendo as explorações A e C, com valores próximos de 6,2 minutos, demonstrado diferenças comparativamente às restantes, que revelaram valores de MDO mais elevados (6,9 a 7,4 minutos) (Quadro 3.4).

As explorações A e D manifestaram diferenças significativas (P<0,05) relativamente às B, C e E, para a MIO. A média de intervalo entre ordenhas mais elevada ocorreu na exploração B (9,7±2,7 horas), por outro lado a C (8,5±2,3 horas) demonstrou os valores mais baixos (Quadro 3.4).

Quadro 3.5.- Efeito da exploração na CMT e no CMC

	Explorações	N	Média±DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
CMT (µS/cm)	A	21753	4,35 ^a ±0,59	0,00	6,44	13,7
	B	10222	4,68 ^b ±0,37	0,59	6,15	7,9
	C	27739	4,72 ^c ±0,56	0,00	6,77	11,8
	D	22907	4,70 ^d ±0,65	0,00	7,22	13,8
	E	26899	4,19 ^e ±0,54	0,00	6,19	12,9
	Significância		P<0,05			
	Total	109520	4,52±0,61	0,00	7,22	13,6
CMC (kg)	A	21753	5,92 ^a ±1,93	0,01	13,39	32,5
	B	10222	5,33 ^b ±1,85	0,00	13,00	34,7
	C	27739	5,42 ^c ±2,15	0,23	14,54	39,7
	D	22907	5,80 ^d ±1,69	0,00	11,99	29,1
	E	26899	5,55 ^e ±2,17	0,00	13,60	39,0
	Significância		P<0,05			
	Total	109520	5,60±2,01	0,00	14,54	35,7

Nas componentes analisadas, valores de letra distinta ($a \neq b \neq c \neq d \neq e$) são significativamente diferentes. CMT – média da condutividade obtida dos 4 quartos por vaca por dia, em µS/cm; CMC – quantidade média de concentrado ingerido por vaca por dia, em Kg.

No quadro 3.5, pode observar-se diferenças significativas ($P<0,05$) entre todas as explorações na CMT. Na exploração D ($4,70 \pm 0,65 \mu\text{S/cm}$) este parâmetro atingiu valores superiores em relação às outras, encontrando-se no extremo oposto a exploração E, com valores de $4,19 \pm 0,54 \mu\text{S/cm}$.

Verificou-se diferenças significativas ($P<0,05$) entre todas as explorações para o consumo de concentrado, tendo a exploração B revelado o valor mais baixo ($5,33 \pm 1,85 \text{kg}$), enquanto a exploração A, administrou a maior quantidade de concentrado aos seus animais ($5,92 \pm 1,93 \text{kg}$) (Quadro 3.5).

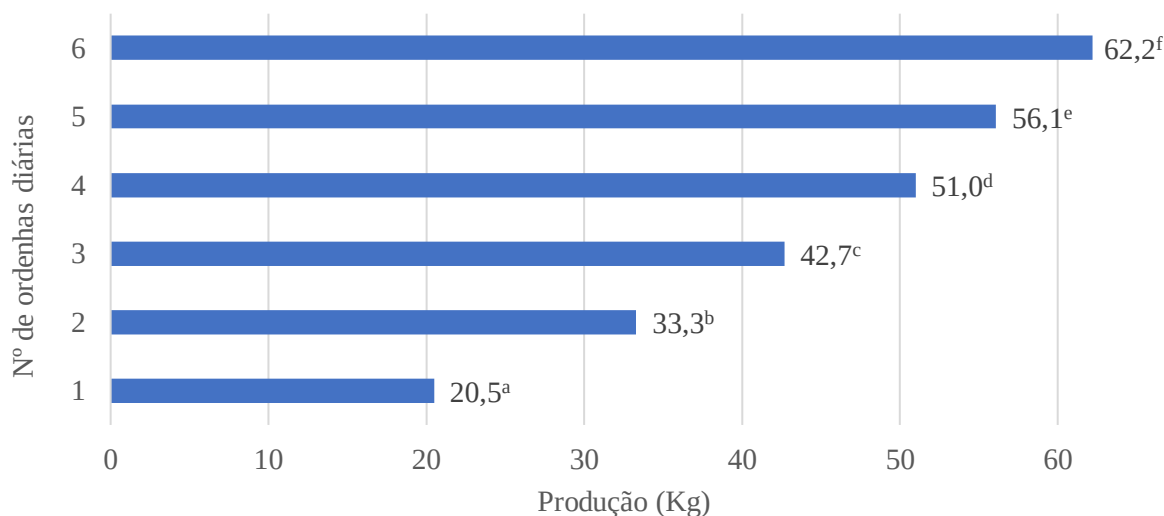


Figura 3.6.- Efeito do número de ordenhas diárias na produção de leite nas explorações alvo de estudo

Nas componentes analisadas, valores de letra distinta ($a \neq b \neq c \neq d \neq e \neq f$) são significativamente diferentes.

Na figura 3.6, pode observar-se que o número diário de ordenhas realizado pelo SVO, influenciou significativamente ($P<0,05$) a produção média diária de leite. Quanto mais ordenhas diárias forem realizadas a uma vaca, maior será a produção de leite. Assim, as vacas que apenas realizaram uma ordenha por dia obtiveram uma menor produção ($20,5\pm3,8\text{kg}$), enquanto as que foram ordenhadas seis vezes diariamente, revelaram ser as mais produtivas ($62,2\pm9,0\text{kg}$).

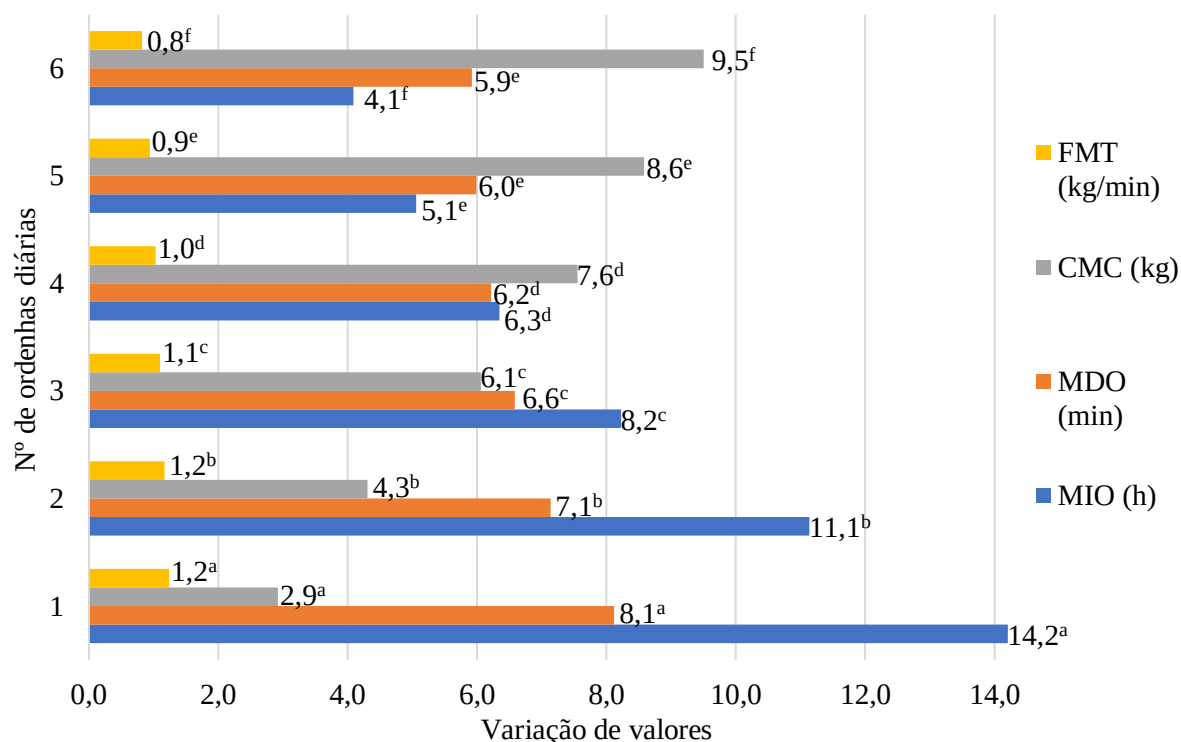


Figura 3.7.- Efeito do número de ordenhas diárias no FMT, no CMC, no MDO e na MIO nas explorações alvo de estudo

Nas componentes analisadas, valores de letra distinta ($a\neq b\neq c\neq d\neq e\neq f$) são significativamente diferentes CMC – quantidade média de concentrado ingerido por vaca por dia, em Kg. FMT – velocidade a que o leite é ordenhado no conjunto dos 4 quartos por vaca por dia; MDO – média de duração de ordenha de cada vaca por dia, em minutos; MIO – média de intervalo entre ordenhas de cada vaca por dia, em horas.

Os diferentes números de ordenha revelaram efeito ($P<0,05$) sob o FMT. Este revelou-se ser proporcionalmente inverso ao número de ordenhas diárias. Assim, no caso das vacas ordenhadas uma vez por dia ($1,2\pm0,3\text{kg/min}$), o fluxo médio total foi maior do que quando as vacas realizavam 6 ordenhas diárias ($0,8\pm0,3\text{kg/min}$) (Figura 3.7). Para o CMC, observaram-se diferenças significativas ($P<0,05$) para os diferentes números de ordenhas diárias neste parâmetro produtivo. Comprova-se que quanto maior o número de ordenhas diárias, maior é a quantidade de concentrado ingerido por vaca. O consumo médio de concentrado para as seis ordenhas diárias foi de $9,5\pm1,7\text{kg}$, e, por outro lado, aquando da realização de apenas uma ordenha por dia o CMC situou-se em $2,9\pm2,0\text{kg}$ (Figura 3.7).

O número de ordenhas também manifestou efeito ($P<0,05$) na MDO. Quanto menor o número de ordenhas diárias, maior duração revelou cada ordenha. Assim, as vacas que foram ordenhadas uma vez diariamente, tiveram uma MDO de $8,1\pm2,1$ minutos. Observaram-se diferenças significativas ($P<0,05$) entre ordenhas para a MIO, tendo-se constatado que quanto menor o número de ordenhas diárias, maior seria a MIO. Desta forma, animais ordenhados apenas uma vez por dia obtiveram um intervalo médio entre ordenhas de $14,2\pm3,0$ h, comparativamente a seis ordenhas diárias, que foi de $4,1\pm0,4$ h (Figura 3.7).

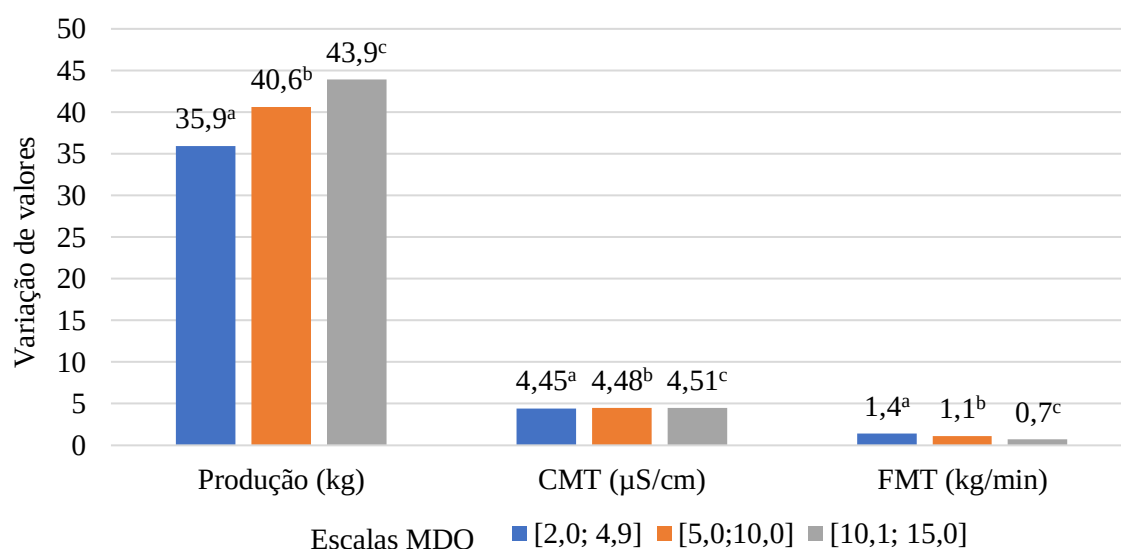


Figura 3.8.- Efeito das escalas MDO na produção de leite, na CMT e no FMT nas explorações alvo de estudo

Nas componentes analisadas, valores de letra distinta ($a\neq b\neq c$) são significativamente diferentes. FMT – velocidade a que o leite é ordenhado no conjunto dos 4 quartos por vaca por dia; CMT – média da condutividade obtida dos 4 quartos por vaca por dia, em $\mu\text{S/cm}$.

Na figura 3.8, verificou-se que as diferentes escalas de MDO tiveram influência ($P<0,05$) na produção média diária de leite. Constatou-se também que, esta ascendia à medida que a MDO aumentava, assim, uma média de duração de ordenha mais prolongada ($\geq 10,1$ minutos), correspondeu a uma maior produção de leite ($43,9\pm 13,0$), em contrapartida a ordenhas mais curtas (entre 2 a 4,9 minutos), cuja produção foi de $35,9\pm 10,6$ kg.

Verificaram-se diferenças significativas ($P<0,05$) entre as três escalas da MDO na CMT. Na primeira escala, a condutividade média total revelou-se mais baixa ($4,45\pm 0,43\mu\text{S/cm}$), e, na terceira mais elevada ($4,51\pm 0,87\mu\text{S/cm}$). No caso do FMT, constatou-se efeito ($P<0,05$) das escalas de MDO neste parâmetro. A primeira escala demonstrou que para uma ordenha mais curta, o fluxo médio total era maior do que nas outras escalas ($1,4\pm 0,3\text{kg/min}$). No caso da terceira, verificou-se o inverso, em que a ordenhas mais longas corresponde um FMT inferior ($0,7\pm 0,2\text{kg/min}$) (Figura 3.8).

Quadro 3.6.- Correlações entre os diferentes parâmetros nas explorações alvo de estudo

	MDO (s)	MIO (min)	IDM	CMT (μS/cm)	FMT (kg/min)	CMC (kg)
Produção (kg)	0,15**	-0,42**	-0,14**	0,96**	-0,02**	0,78**
MDO (s)		0,26**	0,08**	-0,03**	-0,59**	0,19**
MIO (min)			0,27**	0,11**	0,19**	-0,53**
IDM				0,17**	0,04**	-0,15**
CMT (μS/cm)					0,23**	0,01*
FMT (kg/min)						0,26**

Nível de significância: ** P<0,01; * P<0,05

MDO – média de duração de ordenha de cada vaca por dia, em minutos; MIO – média de intervalo entre ordenhas de cada vaca por dia, em horas; IDM – índice de detecção de mastites; FMT – velocidade a que o leite é ordenhado no conjunto dos 4 quartos por vaca por dia; CMT – média da condutividade obtida dos 4 quartos por vaca por dia, em μ S/cm; CMC – quantidade média de concentrado ingerido por vaca por dia, em Kg.

Todas correlações analisadas foram significativas (P<0,05). A produção diária de leite teve uma correlação positiva elevada com a CMT (r=0,96) e com o CMC (r=0,78), indicando que valores mais elevados de condutividade estariam associados a um maior volume de leite produzido e a uma maior ingestão de concentrado. A duração de ordenha correlacionou-se negativamente com a velocidade de ordenha (FMT, r=-0,59). Isto revela que vacas com tempos de ordenha mais longos, teriam um fluxo médio total mais lento. O intervalo entre ordenhas (MIO) revelou uma correlação negativa com o consumo de concentrado (r=-0,53), assinalando que as vacas consomem menos concentrado quando as visitas ao SVO são mais espaçadas no tempo. A correlação entre MDO e FMT, também foi importante e negativa (-0,59).

Quadro 3.7. - Testes à estatística dos modelos e à variável independente utilizada em cada um dos modelos

VI no Modelo	Estatística do Modelo			Estatística da VI			AIC
	RV χ^2	df	p-value	Wald χ^2	df	p-value	
Fase de Lactação	1494	3	<0.001	1505	3	<0.001	-5936
Número de lactações	6108	8	<0.001	6303	8	<0.001	-10540
Nº de Ordenhas/dia	4972	5	<0.001	5101	5	<0.001	-9410
Estado reprodutivo	306	3	<0.001	307	3	<0.001	-4748
Produção (kg)	198125	1	<0.001	645771	1	<0.001	98562
Condutividade (μS/cm)	285170	1	<0.001	10716405	1	<0.001	11517
Fluxo Médio Total (kg/min)	213803	1	<0.001	775341	1	<0.001	82884

Nota: VI – variável independente, AIC – Akaike's Information Criterion, RV – Razão de Verossimilhança

Todos os fatores do SVO estudados neste modelo foram significativos (P<0,001) (Quadro 3.7).

Quadro 3.8. – Parâmetros dos modelos ajustados para os fatores do SVO

Parâmetros		IC Wald 95%				Testes da Hipotese			
		β	EP	Abaixo	Acima	Wald χ^2	g	p-value	e^β
							l		
Fase de Lactação	Interceção	1.118	0.0012	1.116	1.121	809135.440	1	<0.001	3.059
	1	-0.069	0.0021	-0.073	-0.065	1085.525	1	<0.001	0.933
	2	-0.061	0.0020	-0.065	-0.057	933.552	1	<0.001	0.941
	3	-0.045	0.0021	-0.049	-0.040	464.597	1	<0.001	0.956
	4	0	Referência						
Número de lactações	Interceção	1.117	0.0177	1.083	1.152	3968.104	1	<.001	3.057
	1	-0.091	0.0178	-0.126	-0.056	26.264	1	<.001	0.913
	2	-0.044	0.0178	-0.079	-0.009	6.040	1	0.014	0.957
	3	-0.037	0.0178	-0.072	-0.002	4.318	1	0.038	0.964
	4	0.021	0.0179	-0.014	0.056	1.409	1	0.235	1.021
	5	0.041	0.0180	0.006	0.076	5.137	1	0.023	1.042
	6	0.010	0.0181	-0.026	0.045	0.279	1	0.598	1.010
	7	0.401	0.0193	0.363	0.439	429.261	1	<.001	1.493
	8	0.109	0.0281	0.054	0.164	14.995	1	<.001	1.115
	≥9	0	Referência						
Ordenhas por dia	Interceção	1.020	0.0120	0.997	1.044	7226.436	1	<.001	2.774
	1	0.219	0.0129	0.193	0.244	285.751	1	<.001	1.244
	2	0.116	0.0121	0.093	0.140	92.734	1	<.001	1.123
	3	0.030	0.0121	0.006	0.053	6.017	1	0.014	1.030
	4	0.004	0.0121	-0.019	0.028	0.128	1	0.721	1.004
	5	-0.004	0.0127	-0.029	0.021	0.110	1	0.740	0.996
	6	0	Referência						
Estado reprodutivo	Interceção	1.090	0.0029	1.085	1.096	145513.524	1	<0.001	2.975
	Aberta	0.023	0.0035	0.016	0.030	41.888	1	<0.001	1.023
	Gestante	-0.016	0.0030	-0.022	-0.010	27.042	1	<0.001	0.984
	Inseminada	-0.014	0.0033	-0.020	-0.008	18.065	1	<0.001	0.986
	Recém-parida	0	Referência						
Produção (kg)		0.024	0.000003	0.024	0.024	645770.834	1	<0.001	1.024
Condutividade (µS/cm)		0.236	0.0002	0.236	0.237	1716404.812	1	<0.001	1.267
Fluxo Médio Total (kg/min)		0.904	0.0010	0.902	0.906	775340.592	1	<0.001	2.469

Nota: β - Parâmetro do modelo, EP - Erro Padrão, IC - Intervalo de Confiança, e^β - exponencial de β ou rácio de probabilidades

No quadro 3.8 estão expressos os resultados de todos os modelos realizados para cada fator mais relevante nos SVO.

Para a fase da lactação podemos verificar que a quarta fase apresenta um IDM mais elevado, diminuindo gradualmente para a terceira, segunda e primeira fase de lactação. Na paridade existe uma tendência para o IDM ser mais elevado, conforme vai aumentando as lactações das vacas, tendo atingido o valor mais elevado na sétima lactação. Identifica-se igualmente menor probabilidade de IDM, com o aumento do número de ordenhas diárias realizadas no SVO.

No que concerne ao estado reprodutivo, para as vacas recém paridas, o IDM é mais elevado em vacas abertas (não gestantes nem inseminadas). Sendo por sua vez menor em vacas gestantes e inseminadas. O IDM aumenta proporcionalmente com a produção de leite (2,4% por kg de leite), assim como aumenta 126,7% por cada ponto na escala de condutividade. E aumenta igualmente em 0,1% por cada kg/min de aumento no fluxo de saída do leite na tetina (Quadro 3.8).

4. DISCUSSÃO

Observou-se que cerca de 60% das vacas se encontravam nas duas primeiras lactações, revelando uma elevada taxa de substituição dos efetivos, sendo corroborado por ANABLE (2024), ao referir que para os animais contrastados em 2023, 31% das vacas eram primíparas, 26% de segundo parto e 43% com 3 ou mais partos.

Os resultados por nós obtidos indicam que os SVO tiveram desempenho dentro do esperado, pois a distribuição das ordenhas diárias mostra que a maioria das vacas realizou 2 a 3 ordenhas por dia ($2,8 \pm 0,9$), com baixa frequência de 5 ou 6 ordenhas (2,5% e 0,3%, respetivamente), demonstrando um dos fatores muito relevante nos SVO, ao promover comportamentos naturais nas vacas, que se deslocam livremente às boxes de ordenha. Este padrão é consistente com o relatado por Madsen *et al.* (2010), onde o acesso livre ao SVO é condicionado pela motivação alimentar e pela adaptação ao sistema.

Lovendahl e Buitenhuis (2022) indicam que a frequência de ordenha e o intervalo entre ordenhas são fatores determinantes na produção de leite. Lyons *et al.* (2013) demonstram que intervalos curtos e frequências de ordenha mais elevadas aumentam a produtividade, com ganhos de até 14% em sistemas robotizados comparados a sistemas convencionais. Refira-se que neste estudo a produtividade por vaca foi muito relevante, tendo oscilado entre 36,7 a 43,3 Kg entre explorações, manifestando a vantagem de utilização deste sistema de ordenha em efetivos com elevado potencial genético para a produção de leite.

O valor médio de lactações das explorações em estudo foi de 2,5, valor igual ao referido por ANABLE (2024) (2,56 lactações), demonstrando a baixa longevidade produtiva destes animais, reflexo do aparecimento precoce de doenças como, mastites, patologias podais, reprodutivas e metabólicas, incluindo acidentes de vária ordem que impossibilita nalguns casos a recuperação destes animais.

Neste estudo observou-se uma produção média diária de $40,2 \pm 11,8$ kg de leite, com maior produção em vacas na 4ª lactação ($42,8 \pm 12,5$ kg) e menor na 1ª lactação ($36,2 \pm 8,9$ kg). Estes resultados confirmam o referido por Vijayakumar *et al.* (2017) sobre o impacto do desenvolvimento mamário e da capacidade produtiva das vacas nas 3ª e 4ª lactações. A constatação de menor produção de leite nas primíparas, pode dever-se ao início do primeiro

ciclo produtivo, com consequente subdesenvolvimento da glândula e das veias mamárias que irrigam o úbere (Jacobs e Siegford, 2012).

A relação inversa entre a MIO e a produção, observada neste estudo, ou seja, vacas na 5ª ou mais lactações tiveram uma MIO mais prolongada ($10,0 \pm 2,5$ horas) e uma produção menor ($40,8 \pm 12,1$ kg), vai de encontro ao mencionado por Delamaire e Guinard-Flament (2006), ao especificar que intervalos mais longos comprometem a eficiência da glândula mamária na conversão de nutrientes em leite. Na primeira lactação existe a dificuldade de atingir altas produções, por se tratar do primeiro ciclo produtivo e pela questão da hierarquia social no estábulo (Penasa *et al.*, 2016), que se constatou igualmente por nós, pois, as vacas de primeira lactação também atingiram valores inferiores de produção ($36,2 \pm 8,9$ kg), em relação às restantes, e intervalos entre ordenha superiores, o que se justifica, pois as vacas menos produtivas não apresentam necessidade de frequência de ordenha tão elevada.

Por outro lado, os resultados destacam uma variabilidade entre explorações, com coeficientes de variação relativamente elevados para parâmetros como a produção de leite (29,4%) e a MIO (27,5%). Isso sugere que as condições de estabulação, as práticas de manejo, a nutrição e os fatores de bem-estar animal desempenham um papel importante na expressão do potencial produtivo, conforme mencionado por Nasr *et al.* (2017).

O fornecimento de concentrados altamente palatáveis no SVO é um estímulo essencial para motivar visitas voluntárias ao sistema, visando diminuir o MIO e sendo também possível ajustar a quantidade de concentrado consumido à produtividade de cada animal. Verificou-se que a média de consumo de concentrado das 5 explorações estudadas foi de $5,60 \pm 2,01$ kg, valor indicativo de dietas adequadamente formuladas evitando problemas metabólicos, nomeadamente acidoses ruminais. Esta adaptação da quantidade de concentrado, conforme as necessidades individuais de cada vaca, é uma vantagem significativa do SVO em relação a sistemas convencionais (Schwanke *et al.*, 2022). Também se constatou alguma variabilidade (CV=35,7%) entre explorações e vacas no consumo de concentrado, sendo esta heterogeneidade o reflexo da composição nutricional dos concentrados, da palatabilidade e das condições de manejo. Madsen *et al.* (2010) relata que concentrados menos atrativos podem reduzir o número de visitas ao SVO, o que poderia explicar os intervalos entre ordenhas mais longos observados em algumas explorações.

O alto consumo de concentrados, aliado à elevada produção de leite, destaca a importância do manejo nutricional na manutenção do desempenho produtivo em sistemas automatizados. Rodenburg e House (2007) e Schwanke *et al.* (2022) sugerem que diferenças no manejo, nas infraestruturas e na composição das dietas podem impactar significativamente a performance em SVO. Os resultados confirmam essa hipótese, com variações significativas entre explorações nos parâmetros analisados (produção, MIO e IDM).

A mastite é identificada como uma das principais causas de redução na produção e qualidade do leite. Parâmetros como a condutividade elétrica e o índice de detecção de mastites são amplamente reconhecidos como ferramentas eficazes para diagnóstico precoce desta doença (Paudyal *et al.*, 2017; Isakova e Ryaposova, 2023). No estudo por nós desenvolvido é possível observar um aumento progressivo do IDM à medida que o número de lactações avança (1,03 na 1ª lactação para 1,19 na 5ª ou mais lactações). Este padrão vai de encontro ao referido por Armengol e Fraile (2018), que identifica as multíparas como mais suscetíveis a mastites devido a alterações na capacidade imunológica e maior desgaste da glândula mamária. Por sua vez, os valores médios de CMT observados ($4,5 \pm 0,6$ $\mu\text{S}/\text{cm}$) indicam que a qualidade do leite foi mantida dentro de padrões aceitáveis, refletindo práticas de manejo adequadas e desempenho dos SVO de acordo com os elevados padrões de qualidade destes sistemas de pecuária de precisão.

Boldizsár (2012) confirma que os SVO têm um impacto positivo na produtividade e no bem-estar animal. Os resultados deste estudo reforçam o defendido por Delamaire e Guinard-Flament (2006), destacando a produção de leite em multíparas, condicionada pela frequência de ordenha e intervalos mais curtos. Já para a saúde do úbere, o IDM e a condutividade elétrica são indicadores úteis para monitorizar o estado da glândula mamária e prevenir mastites (Penry *et al.*, 2018). No entanto, as diferenças observadas entre explorações destacam a necessidade de práticas de manejo mais uniformes para otimizar o uso do SVO.

A média de duração de ordenha de $6,8 \pm 1,8$ minutos por vaca reflete uma adequada eficiência do SVO e pode indicar igualmente elevados fluxos de leite por minuto (Krawczel *et al.*, 2017). Entretanto, a maior MDO verificou-se em vacas com maior paridade ($7,7 \pm 2,2$ minutos) e pode sinalizar dificuldades mecânicas ou fisiológicas, como menor fluxo de leite nestes animais.

No ciclo produtivo de uma vaca leiteira, existem variações na quantidade de leite produzido nas diferentes fases de lactação, sendo a mais produtiva a segunda, e, incluindo esta o pico de lactação (Vijayakumar *et al.*, 2017). À semelhança de Vijayakumar *et al.* (2017) e de Penasa *et al.* (2016) observou-se uma maior produção de leite na segunda fase (45,4kg) de lactação, seguida pela primeira fase (45,0kg) e posteriormente a terceira (41,9kg) e quarta fase (34,8kg) com tendência decrescente de produção de leite, com diferenças ($P<0,05$) entre todas as fases de lactação.

Vacas com uma alta frequência de ordenha, normalmente estão associadas a médias de duração de ordenhas mais curtas, ou seja, o intervalo entre ordenhas diminui (Lovendahl e Buitenhuis, 2022). Neste estudo, a média de duração de ordenha foi mais curta na quarta fase de lactação ($6,4\pm1,6$ minutos) e o intervalo entre ordenhas mais prolongado ($9,8\pm2,4$ horas), também nesta fase, porque estes animais encontram-se em fase adiantada de gestação e algumas próximas do período de secagem expressando menor produtividade.

Nasr *et al.* (2017) e Mylostyvyi e Chernenko (2019) sugerem que a produção média diária de leite depende de vários fatores intrínsecos e extrínsecos ao animal, deste modo, o estado sanitário do animal é crucial para uma eficiente produção, mas também, fatores como a alimentação, o bem-estar, as condições do meio envolvente, as práticas de manejo e as próprias condições climáticas. No presente trabalho, verificou-se que existiram diferenças significativas ($P<0,05$) entre as explorações na produção média diária de leite, justificado pelos fatores anteriormente mencionados. A exploração E manifestou maior produtividade ($43,3\pm12,7$ kg), que possivelmente estará associado a fatores genéticos, de manejo e de eficiência do SVO, consequência do estado de conservação e monitorização dos equipamentos e sensores deste sistema de ordenha.

Segundo Oostra *et al.* (2005) a média de duração de uma ordenha é de 10 minutos. Nos resultados verificou-se que a MDO, para as explorações analisadas, foi de $6,8\pm1,8$ minutos, ou seja, bastante inferior ao defendido por este autor. Na exploração B, a MDO foi de $7,4\pm2,1$ minutos e a MIO foi de $9,7\pm2,7$ horas, o que difere do referido por Lovendahl e Buitenhuis (2022), ao mencionar que um intervalo de ordenha mais longo corresponde a uma média de duração de ordenha mais curta, no entanto, quando comparado com outras explorações, isto não se verifica.

Paudyal *et al.* (2017) estabelecem um valor padrão da condutividade elétrica do leite de 4,799 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e referem que a paridade e a fase de lactação estão associadas a diferentes níveis de condutividade. No início e no final da lactação este parâmetro tende a ter valores mais elevados, o que pode dever-se ao facto do conteúdo de sólidos no leite variar ao longo da lactação. Através dos resultados, é possível verificar que o valor da condutividade média total, para as 5 explorações, foi de $4,5 \pm 0,61 \mu\text{S}/\text{cm}$, sendo um valor ligeiramente inferior ao referido por Paudyal *et al.* (2017), demonstrando elevada qualidade sanitária do leite, correspondendo à partida a baixos níveis de contagem de células somáticas.

Embora se tenha observado diferenças entre explorações no consumo de concentrado no SVO, os valores oscilaram entre 5,3 e 5,9, indo de encontro a Madsen *et al.* (2010), que indica consumos na ordem de $5,6 \pm 2,0\text{kg}$ por dia. Segundo Schwanke *et al.* (2022) a ingestão de concentrado está diretamente relacionada com o aumento da produção de leite, levando a que maior ingestão corresponde a uma maior produção de leite. No entanto, neste estudo não foi possível estabelecer esta relação, pois a exploração com maior consumo de concentrado ($5,92 \pm 1,93\text{kg}$) não resultou diretamente em maior produção de leite.

Boldizsár, (2012) sugere que a produção de leite aumenta com o número de ordenhas, assim, quantos mais vezes uma vaca for ordenhada por dia, maior será a sua produtividade. Nos resultados podemos verificar isso mesmo, sendo que para vacas ordenhadas uma vez por dia a produção foi de $20,5 \pm 3,8\text{kg}$, ascendendo até à sexta ordenha diária com $62,2 \pm 9,0\text{kg}$ de leite produzido.

O fluxo médio do leite não deve ser superior a 0,48 kg/min, ao nível do quarto do úbere, de maneira que não haja um défice na produção, ou comprometa a composição do leite, ou a saúde do úbere (Krawczel *et al.*, 2017). No nosso estudo, o fluxo médio total, isto é para os quatro quartos, revelou ser proporcionalmente inverso ao número de ordenhas diárias, e variou entre os 0,8 e os 1,2kg/min, indicando valores inferiores ao referido por Krawczel *et al.* (2017). Evidenciando perfil idêntico para o efeito da duração da ordenha no fluxo, em que, numa ordenha mais curta foi significativamente ($P < 0,05$) mais elevado ($1,4 \pm 0,3\text{kg}/\text{min}$), comparativamente a uma ordenha mais prolongada ($0,7 \pm 0,2\text{kg}/\text{min}$).

A frequência de ordenha e o número de ordenhas diárias são inversamente proporcionais, desta forma, quanto mais ordenhas uma vaca realizar por dia menor será o intervalo entre

ordenhas. No presente trabalho, as vacas que apenas realizaram uma ordenha diária tiveram uma MIO mais elevada ($14,2 \pm 3,0$ horas), contrastando com aquelas que realizaram seis ordenhas diárias ($4,1 \pm 0,4$ horas).

Krawczel *et al.* (2017) relata que o tempo médio de uma ordenha ronda os 7 minutos, e, no presente estudo os valores da MDO foram entre 5,9 e 8,1 minutos, sendo a média das 5 explorações de $6,8 \pm 1,8$ minutos, indo de uma forma geral de encontro ao referenciado por este autor. As vacas que obtiveram valores superiores à média, enquadraram-se nas que apenas realizaram uma ordenha por dia, e, por outro lado, as que realizaram seis ordenhas diárias estavam associadas a MDO inferiores.

O Quadro 3.6 demonstra uma forte correlação positiva entre a produção de leite e a condutividade elétrica ($r=0,96$). Essa relação é consistente com o referido por Paudyal *et al.* (2017) e Schwanke *et al.* (2022), que destacam a condutividade como indicador da saúde da glândula mamária e do volume de leite. No entanto, é sabido que valores elevados de condutividade podem sinalizar mastites subclínicas, evidenciando a necessidade de monitorização desta patologia, evitando a degradação da qualidade do leite ordenhado.

Observa-se uma correlação negativa moderada entre MIO e CMC ($r=-0,53$). Isso sugere que intervalos mais longos entre ordenhas reduzem a ingestão de concentrado, possivelmente pela menor estimulação da vaca ou devido a patologias que inibem o animal de acesso ao SVO. Lyons *et al.* (2013) comprovam estes resultados, mostrando que intervalos curtos entre ordenhas promovem um maior consumo e consequentemente, maior produção de leite.

Há uma correlação negativa significativa entre a MDO e o FMT ($r=-0,59$). Este resultado indica que ordenhas mais curtas estão associadas a um maior fluxo de leite, podendo ser um fator crucial na seleção genética destes animais, pois desta forma o SVO consegue ser mais eficiente, retirando mais leite por unidade temporal. Krawczel *et al.* (2017) reforçam que vacas de alta produção tendem a apresentar fluxos maiores, reduzindo o tempo necessário para a realização de uma ordenha completa.

A correlação positiva entre o CMC e a produção de leite ($r=0,78$) reflete a importância do manejo nutricional adequado para desencadear altas produções. Rodenburg e House (2007) mostram que o uso estratégico de concentrados palatáveis e adequadamente balanceados do

ponto de vista nutricional é essencial para estimular visitas ao SVO e otimizar o desempenho produtivo.

No quadro 3.8, observa-se que o IDM é mais elevado nas vacas na quarta fase de lactação, sendo menor nas restantes fases. Isso está alinhado com o defendido por Lovendahl e Buitenhuis (2022), que destacam a importância da frequência de ordenha e do intervalo entre estas na produtividade. Esse fator também reflete a influência do equilíbrio fisiológico, conforme apontado por Delamaire e Guinard-Flament (2006), ao mencionarem que intervalos mais curtos e frequências mais altas aumentam a produção de leite.

O aumento progressivo do IDM conforme aumenta o número de lactações (atingindo o pico na sétima lactação) vem de encontro ao mencionado por Armengol e Fraile (2018), que associam maior número de lactações à maior suscetibilidade a mastites devido ao desgaste do tecido mamário e imunidade reduzida. Este padrão reflete a necessidade de ajustes no manejo mais especificamente para as vacas multíparas.

O IDM aumentou proporcionalmente à produção de leite (2,4% por kg de leite produzido) e também por cada ponto na escala de condutividade elétrica. Isso confirma o papel da condutividade como indicador precoce de mastites, como sugerido por Paudyal *et al.* (2017) e Isakova e Ryaposova (2023), além de evidenciar a relação entre alta produtividade e maior risco de incidência de mastites.

Estudos futuros devem considerar a inclusão de métricas comportamentais para avaliar o impacto no bem-estar, análises económicas para entender o custo-benefício da implementação do SVO e investigações sazonais para avaliar o impacto do clima nos parâmetros produtivos.

5. CONCLUSÃO

Este estudo avaliou os fatores produtivos, de manejo e de saúde animal associados à utilização de sistemas voluntários de ordenha em cinco explorações leiteiras, na região do Porto. O trabalho destacou o impacto desta tecnologia na produtividade e no bem-estar animal, conseguindo expor as vantagens e desafios do SVO no contexto da produção leiteira. A análise de dados e a aplicação de metodologias estatísticas permitiram identificar padrões relevantes para a gestão eficiente das explorações.

A maioria dos animais encontravam-se nas três primeiras lactações (78,1%) e 41,2% realizaram três ordenhas diárias, destacando a relevância de aumentar a longevidade produtiva e aludindo ao SVO como tecnologia fundamental no aumento da produtividade por vaca.

A produção média diária de leite foi de $40,2 \pm 11,8$ kg, com um máximo de 103,1 kg, indicando a eficiência do SVO em promover altos rendimentos. Além disso, observou-se que vacas na terceira e quarta lactações apresentaram maior produtividade.

O índice de detecção de mastites apresentou valores baixos ($1,1 \pm 0,2$), sugerindo que o SVO contribui para elevados padrões de saúde do úbere. A adaptação rápida das vacas ao sistema também reforça os benefícios do SVO em reduzir o stresse animal.

A média de ordenhas foi de $2,8 \pm 0,9$ por dia, com intervalos médios de $9,1 \pm 2,5$ horas. Esses parâmetros foram consistentes com a capacidade do SVO otimizar a frequência de ordenha sem comprometer a saúde ou a produtividade das vacas.

O consumo médio diário de concentrado foi de $5,6 \pm 2,0$ kg, revelando que o fornecimento adequado de concentrado no SVO não apenas atraiu os animais à ordenha, mas também contribuiu para a manutenção de níveis produtivos elevados.

Este estudo reforça que o SVO é uma ferramenta inovadora, eficaz para maximizar a produtividade, melhorar o bem-estar animal e, também, a vida pessoal e profissional do produtor, desde que seja acompanhado por práticas de manejo adaptadas às condições individuais das explorações, assente num plano de monitorização eficiente e consistente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alteriis, G., Silvestri, A. T., Conte, C., Bottino, V., Caputo, E., Squillace, A., Accardo D. e Lo Moriello, R. S., 2023. Innovative Fusion Strategy for MEMS Redundant-IMU Exploiting Custom 3D Components. *Sensors*, 23, 5, 2508.

ANABLE (Associação Nacional para o Melhoramento dos Bovinos Leiteiros), 2024. Publicação de resultados 2023. Aveiro.

APCRF (Associação Portuguesa de Criadores de Raça Frísia), 2008. *A Raça Holstein Frísia*. Site disponível: APCRF, URL: <http://www.apcrf.pt/gca/?id=147>. Consultado em 1 de Mai 2024.

Armengol, R., e Fraile, L., 2018. Descriptive study for culling and mortality in five high-producing Spanish dairy cattle farms (2006–2016). *Acta Veterinaria Scandinavica*, 60, 1-11.

Barletta, R. V., Filho, M. M., Carvalho, P. D., Del Valle, T. A., Netto, A. S., Rennó, F. P., Mingoti, R. D., Gandra J. R., Mourão G. B., Fricke P. M., Sartori R., Madureira E. H. e Wiltbank, M. C., 2017. Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein cows. *Theriogenology*, 104, 30-36.

Bauman, D. E., e Currie, W. B., 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, 63, 9, 1514-1529.

Boas, D. F. V., Filho, A. E. V., Pereira, M. A., Junior, L. C. R. e El Faro, L., 2017. Association between electrical conductivity and milk production traits in Dairy Gyr cows. *Journal of Applied Animal Research*, 45, 1, 227-233.

Boldizsár, P., 2012. A precíziós tejtermelés megvalósítása a gyakorlatban–DeLaval, Smart Farming”. *Agrártudományi Közlemények*, 49, 119-122.

Cerqueira, J. O. L., 2021. Longevidade em vacas leiteiras, principais fatores. *Revista AGROS*, Nº45, 6-8.

De Koning, K., e Rodenburg, J., 2004. Automatic milking: State of the art in Europe and North America. *Automatic Milking, a Better Understanding*, 25-37.

Delamaille, E., e Guinard-Flament, J., 2006. Increasing milking intervals decreases the mammary blood flow and mammary uptake of nutrients in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, 9, 3439-3446.

Elahi Torshizi, M., 2016. Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Technology*, 58, 1-14.

FAWC (Farm Animal Welfare Council), 1993. Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare. *MAFF*, Tolworth.

Giordano, JO, Fricke, PM, Wiltbank, MC, e Cabrera, VE, 2011. Um sistema de suporte à tomada de decisão econômica para seleção de programas de manejo reprodutivo em fazendas leiteiras. *Journal of Dairy Science*, 94, 12, 6216-6232.

Hurnik, J. F., 1988. Welfare of farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 20, 1-2, 105-117.

Isakova, M. N., e Ryaposova, M. V., 2023. Efficiency of the data generated by the robotic milking system for comprehensive diagnosis of mastitis in cows. *Veterinary Science Today*, 119.

Jacobs, J. A., e Siegford, J. M., 2012. Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 95, 3, 1575-1584.

Krawczel, P., Ferneborg, S., Wiking, L., Dalsgaard, T. K., Gregersen, S., Black, R., Larsen T., Agenäs S., Svennersten-Sjaunja K. e Ternman, E., 2017. Milking time and risk of over-milking can be decreased with early teat cup removal based on udder quarter milk flow without loss in milk yield. *Journal of Dairy Science*, 100, 8, 6640-6647.

Kuczaj, M., Mucha, A., Kowalczyk, A., Mordak, R., e Czerniawska-Piątkowska, E., 2020. Relationships between selected physiological factors and milking parameters for cows using a milking robot. *Animals*, 10, 11, 2063.

Lauwere, C. C. K., Devir, S., e Metz, J. H. M., 1996. The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science*, 49, 2, 199-211.

Lovendahl, P., e Buitenhuis, A. J., 2022. Genetic and phenotypic variation and consistency in cow preference and circadian use of robotic milking units. *Journal of Dairy Science*, 105, 6, 5283-5295.

Lyons, N. A., Kerrisk, K. L., e Garcia, S. C., 2013. Comparison of 2 systems of pasture allocation on milking intervals and total daily milk yield of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 96, 7, 4494-4504.

Madsen, J., Weisbjerg, M. R., e Hvelplund, T., 2010. Concentrate composition for automatic milking systems—Effect on milking frequency. *Livestock Science*, 127, 1, 45-50.

Maris, M., Juris, P., e Mara, M., 2023. Studies of performance parameters in milking robots after software improvement. In *22nd International Scientific Conference "Engineering for Rural Development": proceedings: [Jelgava, Latvia]*, 24-26, 2023, 624-627.

Mylostyvyi, R. e Chernenko, O., 2019. Correlations between environmental factors and milk production of Holstein cows. *Data*, 4, 3, 103.

Nasr, M. A., e El-Tarabany, M. S., 2017. Impact of three THI levels on somatic cell count, milk yield and composition of multiparous Holstein cows in a subtropical region. *Journal of Thermal Biology*, 64, 73-77.

Niozas, G., Tsousis, G., Malesios, C., Steinhöfel, I., Boscós, C., Bollwein, H., e Kaske, M., 2019. Extended lactation in high-yielding dairy cows. II. Effects on milk production, udder health, and body measurements. *Journal of Dairy Science*, 102, 1, 811-823.

Oltenacu, P. A., e Broom, D. M., 2010. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. *Animal Welfare*, 19, S1, 39-49.

Oltenacu, P. A., Rounsaville, T. R., Milligan, R. A., e Hintz, R. L., 1980. Relationship between days open and cumulative milk yield at various intervals from parturition for high and low producing cows. *Journal of Dairy Science*, 63, 8, 1317-1327.

Oostra, H. H., Stefanowska, J., e Sällvik, K., 2005. The effects of feeding frequency on waiting time, milking frequency, cubicle and feeding fence utilization for cows in an automatic milking system. *Acta Agriculturae Scand Section A*, 55, 4, 158-165.

Palii, A. P., Handola, Y. M., Shevchenko, I. O., Stotskyi, A. O., Stotskyi, O. G., Sereda, A. I., Levkin D. A., Ulko L. G., Shkromada O. I. e Paliy, A. P., 2020. Assessment of cow lactation and milk parameters when applying various milking equipment. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10, 4, 195-201.

Paudyal, S., Melendez, P., Manriquez, D., Velasquez-Munoz, A., Pena, G., Roman-Muniz, I. N., e Pinedo, P. J., 2020. Use of milk electrical conductivity for the differentiation of mastitis causing pathogens in Holstein cows. *Animal*, 14, 3, 588-596.

Penasa, M., De Marchi, M., e Cassandro, M., 2016. Effects of pregnancy on milk yield, composition traits, and coagulation properties of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 99, 6, 4864-4869.

Penry, J. F., Crump, P. M., Hernandez, L. L., e Reinemann, D. J., 2018. Association of milking interval and milk production rate in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 101, 2, 1616-1625.

Pirlo, G., Abeni, F., Capelletti, M., Migliorati, L., e Speroni, M., 2005. Automation in dairy cattle milking: experimental results and considerations. *Italian Journal of Animal Science*, 4, 17-25.

Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J., e Berry, D. P., 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 92, 12, 5769-5801.

Rodenburg, J., 2017. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on workflow. *Journal of Dairy Science*, 100, 9, 7729-7738.

Schwanke, A. J., Dancy, K. M., Neave, H. W., Penner, G. B., Bergeron, R., e DeVries, T. J., 2022. Effects of concentrate allowance and individual dairy cow personality traits on behavior and production of dairy cows milked in a free-traffic automated milking system. *Journal of Dairy Science*, 105, 7, 6290-6306.

Sehested, J., Gaillard, C., Lehmann, J. O., Maciel, G. M., Vestergaard, M., Weisbjerg, M. R., Mogensen L., Larsen, L. B., Poulsen, N. A. e Kristensen, T., 2019. Extended lactation in dairy cattle. *Animal*, 13, 65-74.

Tse, C., Barkema, H. W., DeVries, T. J., Rushen, J., e Pajor, E. A., 2018. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality. *Animal*, 1, 12, 2649-2656.

Verde, M. T., Matera, R., Bonavolonta, F., Lamonaca, F., Angrisani, L., Fezza, C., Bprzacchiello, L., Cotticelli, A. e Neglia, G., 2023. Comparative performance analysis between two different generations of an automatic milking system. *Acta Imeko*, 12, 4, 1-6.

Vijayakumar, M., Park, J. H., Ki, K. S., Lim, D. H., Kim, S. B., Park, S. M., Jeong, H. Y., Park, B. Y. e Kim, T. I., 2017. The effect of lactation number, stage, length, and milking frequency on milk yield in Korean Holstein dairy cows using automatic milking system. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30, 8, 1093.

