

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE ZOOTECNIA

GUSTAVO MUCCILLO DE CASTRO

PRODUÇÃO DE LEITE ROBOTIZADA E USO DE RAÇÃO PELETIZADA

Porto Alegre

2023

GUSTAVO MUCCILLO DE CASTRO

PRODUÇÃO DE LEITE ROBOTIZADA E USO DE RAÇÃO PELETIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado à Faculdade de Agronomia como
requisito parcial para a obtenção da Graduação
de Bacharelado em Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Mello
Kessler

Porto Alegre

2023

GUSTAVO MUCCILLO DE CASTRO

PRODUÇÃO DE LEITE ROBOTIZADA E USO DE RAÇÃO PELETIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção da Graduação de Bacharelado em Zootecnia.

Data de aprovação: ___/___/___.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alexandre de Mello Kessler, Orientador e Presidente da Comissão

Prof. Dra. Caren Paludo Ghedini, Membro da Comissão

Prof. Dra. Vivian Fischer, Membro da Comissão

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido chegar até aqui, ter me dado condições favoráveis a permanecer dentro de uma Universidade pública com ensino de extrema qualidade. Agradeço a toda minha família (enviados de Deus) por tudo o que fizeram por mim desde sempre, por todo apoio sem medições de esforços. Ao meu pai James, minha mãe Maria e minha irmã Ághata apenas gratidão por todos os momentos, bons ou ruins, porém todos importantes! Aos meus familiares, tias, tios, primos e avós, também muito importantes na minha caminhada, meus sinceros agradecimentos por tudo. A minha namorada Eduarda (futura zootecnista também) com papel importante na minha caminhada, deixo meu agradecimento por todos os momentos incentivadores dentro da graduação e na vida. A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, funcionários e colaboradores, professores e colegas de curso, meu imenso muito obrigado por tudo o que me proporcionaram nesse tempo de curso. Tempo esse de enorme crescimento pessoal e profissional. Entro uma pessoa na universidade e saio outra, com muito mais responsabilidades e sabedoria. Sem dúvida um período extremamente marcante da minha vida, onde passarão os anos e lembrarei sempre com muito carinho de cada ser que passou por mim nessa caminhada. Agradeço-te demais, meu Deus, obrigado pela vida e por tudo o que ainda guardas para mim.

RESUMO

A pecuária leiteira desempenha um papel fundamental, seja perante a economia ou na nutrição da sociedade. O consumo diário de leite e seus derivados é realidade para a maior parte da população brasileira. A evolução da produção de leite foi revelando desafios ao longo do tempo, como a importante e delicada escassez de mão de obra no sistema. Aliado a isso se tem uma maior demanda populacional pelo produto lácteo e assim surge como opção no mercado a ordenha robotizada, que visa suprir esses eventuais fatores limitantes da cadeia produtora. Essa automação visa melhorar a produtividade e o bem-estar dos produtores. A qualidade das rações peletizadas torna-se fundamental para o funcionamento eficiente desse sistema automatizado devido a mudanças pontuais comparado a sistemas de ordenha convencionais. A instalação do sistema de ordenha robotizada demanda um investimento considerável e a implementação bem-sucedida passa por práticas adequadas para que o sistema se torne sustentável. O uso de rações de alta qualidade mostra ser uma dessas práticas.

Palavras-chave: rações peletizadas, pélete, ordenha robotizada.

ABSTRACT

Dairy farming plays a fundamental role, either in terms of the economy or in society's nutrition. The daily consumption of milk and its derivatives is a reality for most of the Brazilian population. The evolution of milk production revealed challenges over time, such as the important and delicate shortage of labor in the system. Allied to this, there is a greater population demand for the dairy product and thus, robotic milking appears as an option in the market, which aims to overcome these possible limiting factors in the production chain. This automation aims to improve the productivity and well-being of producers. The quality of the pelleted rations becomes fundamental for the efficient operation of this automated system due to punctual changes compared to conventional milking systems. The installation of the robotic milking system demands a considerable investment and the successful implementation involves adequate practices so that the system becomes sustainable. The use of high quality feeds is one of these practices.

Keywords: pelleted feed, pellet, robotic milking.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo do fornecimento de ração peletizada em sistema robotizado.....	18
Tabela 2: Composição nutricional de uma PMR e ração robô em sistema robotizado.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGV – Ácido Graxo Volátil

BPF – Boas Práticas de Fabricação

FDA – Fibra detergente ácido

FDN – Fibra detergente neutro

PDI – Índice de Durabilidade de Pélete

PMR – Partial Mixed Ration

POP – Procedimentos Operacionais Padrão

PPHO – Procedimentos de Padrão de Higiene Operacional

SOR – Sistema de Ordenha Robotizada

TMR – Total Mixed Ration

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
3 DESENVOLVIMENTO.....	13
3.1 SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA.....	13
3.2 CONSUMO DE ALIMENTO DAS VACAS EM SISTEMA ROBOTIZADO.....	14
3.3 RAÇÕES PARA O SISTEMA.....	18
3.3.1 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL.....	18
3.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA RAÇÃO, PELETIZAÇÃO.....	20
3.3.2.1 QUALIDADE DE PÉLETE, PDI, CARACTERÍSTICAS DA RAÇÃO (INGREDIENTES, MOAGEM) E AJUSTE DE EQUIPAMENTOS PARA A MÁXIMA QUALIDADE DE PÉLETE.....	21
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

Com o processo de envelhecimento e escassez da mão de obra rural, os robôs surgem como uma solução concreta para a necessidade de crescimento da produção de lácteos (Silvi *et al.*, 2018). O sistema de ordenha robotizada, também conhecido como “SOR”, tem ganhado cada vez mais espaço dentro da pecuária leiteira uma vez que visa principalmente elevar o número de ordenhas por animal/dia sem acarretar em maior serviço ao produtor, tendo como princípio a visita voluntária do animal até o espaço onde são ordenhados (robô). Segundo Steeneveld *et al.* (2015), em 2015 chegou-se a 25 mil fazendas leiteiras com ordenhas robotizadas no mundo. Já Tranel (2017) estimou entre 40.000 a 43.000 SOR em 2017, sendo mais de 2.500 somente nos Estados Unidos. No Brasil, conforme apontou Danés e Ribeiro (2019), no ano de 2019, tinha-se uma estimativa de mais de 160 equipamentos de ordenha robô já vendidos, com mais de 70 em funcionamento.

Como pontos vantajosos no uso dessa tecnologia, cita-se a otimização da produção de leite (Drach *et al.*, 2017) já que há uma correlação positiva entre número de ordenhas e volume de leite produzido; maior conforto e melhoria na saúde da vaca (Tse *et al.*, 2017) pois nesse sistema os animais conseguem melhor expressar seus comportamentos naturais, tomando decisões livres conforme suas necessidades; assim como melhor qualidade de vida ao produtor rural devido a folga na carga horária diária de serviço.

No SOR, algumas modificações ocorrem comparado a um sistema de ordenha convencional. Além da principal mudança referente a ordenha ocorrer voluntariamente ao longo do dia e os intervalos entre ordenhas não serem mais em formato 12h-12h, o trato passa a não coincidir mais com a hora que as vacas retornam da ordenha (Danés; Ribeiro, 2019). Outro manejo importante que se modifica quando há implementação do SOR é o alimentar. Animais passam a receber parte da dieta no momento da ordenha e parte na pista de alimentação. Esse alimento oferecido no momento da ordenha geralmente se apresenta como concentrado e induz as vacas a irem à ordenha uma vez que a motivação dos animais é maior para a alimentação do que para a ordenha (Jacobs; Siegford, 2012).

Essa modificação no formato da alimentação abre uma oportunidade de realizar ajustes individuais na dieta dos animais, diferenciando fases e necessidades e levando a um manejo nutricional mais assertivo. A ração peletizada por sua vez, possui consistência, tamanho uniforme, maior densidade e digestibilidade de

nutrientes quando comparados com outras formas de alimentação, permitindo assim um maior controle e precisão da alimentação fornecida aos animais. Através de péletes de boa qualidade, animais conseguem obter mais nutrientes essenciais com menores quantidades de ração e esse fator se torna essencial visto que o tempo que o robô demora para realizar uma ordenha é relativamente curto quando comparado a uma ordenha convencional. Sendo assim o trabalho visa dar ênfase a produção de uma excelente ração peletizada, seja pela necessidade do atrativo alimentar no sistema ou por conta de sua melhor eficiência no consumo da ração pelos animais. Além disso o trabalho busca trazer um panorama geral de como vem sendo utilizada essa ração dentro das propriedades, assim como mostrar o processamento da mesma, ajustes de equipamentos para máxima qualidade do pélete e testes usuais nas fábricas produtoras.

2 OBJETIVOS

Abordar a importância do uso da ração peletizada na ordenha robotizada, evidenciando os principais pontos onde péletes de boa qualidade se tornam fundamentais a fim da maximização da produção de leite dentro de propriedades que utilizam o sistema. Para isso utilizou-se de uma revisão bibliográfica na qual consistiu na utilização de informações constantes em materiais como: artigos científicos, teses, livros, dissertações e revistas acadêmicas.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA

O sistema de ordenha robotizada é composto de dispositivos que detectam a entrada e saída dos animais, de limpeza do úbere e de registro da produção de leite (Rossing *et al.*, 1997). Sem que haja a necessidade de qualquer operador e fluindo de maneira independente, as vacas adentram a instalação e o sistema identifica a necessidade ou não da ordenha do animal. Quando o sistema identifica a necessidade, ocorre o fornecimento de alimento concentrado no cocho enquanto o robô realiza a retirada do leite. Se não houver a necessidade, o animal é encaminhado à saída pela abertura automática do portão de saída do box de contenção da ordenha (Maculan; Lopes, 2016). No processo de ordenha, o sistema de localização do braço robótico identifica o úbere e o posicionamento dos tetos, que são lavados com jatos de água e secos com ar ou submetidos à limpeza mecânica com rolos de escova (Silvi *et al.*, 2018).

Atualmente se conta com diferentes tipos de tráfegos impostos aos animais para a ordenha. Os quatro tipos mais comuns em sistemas robóticos são:

- a) Tráfego livre: o animal tem acesso livre a toda área da instalação como cochos, área de descanso e ordenha e simplesmente escolhe o horário que prefere ser ordenhado se dirigindo ao robô;
- b) Tráfego estritamente dirigido/guiado: a instalação é dividida pelo robô e os animais para trafegarem da área de descanso para os cochos de alimentação necessariamente devem passar pelo robô. Após estarem na pista de alimentação conseguem ter acesso livre novamente a área de descanso;
- c) Tráfego *Milk first* (leite primeiro): essa instalação conta com uma área de pré ordenha, onde vacas já aptas a entrarem no robô aguardam a sua vez. A seletividade ocorre através de um portão que identifica a necessidade de ordenha de cada vaca em ser ordenhada, caso haja necessidade são dirigidas a área de espera e caso não haja, são liberadas a área de alimentação;
- d) Tráfego *feed first* (alimento primeiro): nessa estratégia, os animais estarão primeiramente na pista de alimentação e só ingressarão a área de lazer após serem pré-selecionados a necessidade de ordenha. Se não houver necessidade então são liberados diretamente a área de descanso e tem acesso liberado a pista novamente por outro portão.

Conforme apontado por Silvi *et al.* (2018), não há um senso comum entre qual o melhor tráfego a ser utilizado dentro do sistema e a decisão é realizada conforme as condições de cada fazenda. Dentro do mesmo trabalho, Silvi *et al.* (2018) conclui também que há necessidade de estudos melhores apresentados, já que os atuais geralmente contemplam número limitado de amostras, ordenhadeiras de único fabricante e são realizados em países cuja características únicas da exploração leiteira podem afetar os resultados.

Diante todas modificações impostas, incluindo o tipo de fluxo, as vacas precisam se acostumar com o novo sistema, o que exige paciência e treinamento dos operadores (Danés; Ribeiro, 2019). Visto que um SOR apresenta investimento de capital mais alto em relação aos sistemas convencionais (Shortall et al., 2016) e que o retorno máximo do investimento é alcançado quando as vacas circulam ao redor de todo o sistema, em sua própria rotina diária, com pouca ou nenhuma intervenção humana (Bach e Cabrera, 2017), adaptações bem realizadas aos animais mostra ser ponto fundamental e diz sobre o sucesso do sistema de ordenha robotizada.

3.2 CONSUMO DE ALIMENTO DAS VACAS EM SISTEMA ROBOTIZADO

Nos rebanhos de ordenha convencional, em sua maioria, os animais recebem todos os nutrientes em forma de dieta total (*Total Mixed Ration – TMR*) (Teixeira *et al.*, 2019), sendo fornecida diretamente na pista de alimentação. Em rebanhos de ordenha robotizada essa estratégia de alimentação é alterada, já que os animais passam a receber parte da alimentação diretamente no momento da ordenha e o restante da dieta na pista, denominando-se dieta parcial (*Partial Mixed Ration – PMR*).

De maneira geral o consumo da alimentação e a maneira como será realizada terá variações entre fazendas, no entanto, deve-se atentar a necessidade de equilíbrio entre o alimento do robô com o fornecido em pista. A estratégia de alimentação mais comum com tráfego livre é fornecer parte do concentrado durante o processo de ordenha, de acordo com a produção individual de leite de cada animal (Bach; Cabrera, 2017). É fundamental que além de bons níveis nutricionais na ração, também se tenha um alimento atrativo aos animais. Quanto mais atrativa for a ração, maior a chance de os animais irem visitar o robô voluntariamente. Esse fator é importante, pois vacas que necessitam ser guiadas manualmente para ordenha, geram ineficiência ao sistema.

Porém, apesar de se ter essa teoria onde alimentos atrativos no robô servem como estímulo de atração animal para a ordenha, trabalhos mostram que não há uma relação direta entre frequência de ordenha dos animais ao longo do dia com um possível aumento do índice de concentrado fornecido na ordenha, independente do modelo de fluxo (Henriksen *et al.*, 2019; Paddick *et al.*, 2019; Menajovsky *et al.*, 2018; Bach *et al.*, 2007). A presença dos animais no sistema não depende exclusivamente desse “atrativo alimentar”, mas também de fatores como por exemplo a interatividade social entre as vacas (dominantes x subordinadas) e saúde animal.

Em média, as vacas passam de 6 a 7 minutos dentro do robô em cada ordenha e é esse o período que ela tem para ingerir o concentrado. É essencial que o pélete seja firme e consistente, tendo a menor porcentagem de finos possível. Entende-se como finos toda a porção da ração peletizada que está desagregada do pélete, geralmente formado de uma massa farinácea (finos). Esses finos prejudicam o desempenho animal uma vez que seu diâmetro médio de partículas é igual ou menor do que a granulometria da ração farelada (Muramatsu, 2013). Finos na ração geram uma ineficiência no consumo, fazendo com que os animais consumam menos alimento em um maior tempo. Os finos também são responsáveis por um ambiente sujo no cocho e sua volta devido a maior interação entre a saliva do animal e a maior dificuldade de “boquear” a ração.

É habitual estratégias que iniciam com baixa quantidade de concentrados no parto, seguido por um aumento linear durante as primeiras semanas de lactação, acompanhando a curva de lactação e aumento da IMS (ingestão de matéria seca) e o pico de produção (Teixeira *et al.*, 2019). Segundo André *et al.*, (2010), o concentrado ofertado chega em seus níveis máximos no pico de lactação da vaca quando começa a diminuir acompanhando a produção de leite.

Não há uma receita para a quantidade exata de ração a ser fornecida ao longo da lactação e a tendência é que varie de sistema para sistema. Porém o tempo limitado que os animais permanecem na ordenha restringe a quantidade de concentrado fornecida durante o processo (Bach; Cabrera, 2017). Conforme apontam Danés e Ribeiro (2019), a taxa de ingestão média de concentrado peletizado é de 400 g/min, enquanto a do farelado é de 250 g/min. Considerando que cada ordenha dura por volta de 7 minutos, poderia se ter um consumo máximo por ordenha de 2,8 kg de concentrado peletizado e 1,75 kg de farelado. Vijayakumar *et al.* (2017) observaram um efeito positivo entre a frequência da ordenha e a produção de leite, com maiores

rendimentos quando os animais eram ordenhados quatro vezes ao dia. Se considerarmos esse número de visitas “ideal” por dia ao sistema, a quantidade de concentrado farelado oferecida no robô fica limitado a 7kg, enquanto de ração peletizada 11,2 kg/dia.

Rodenburg (2017) recomenda que vacas recebam de 1 a 3kg/dia de ração após o parto. Preconiza também que haja um aumento gradativo de 100-300g nas duas primeiras semanas, independentemente da quantidade de leite que as vacas estejam produzindo. Após esse período inicial de duas semanas sem ajuste, o fornecimento de concentrado deve-se ajustar a produção de leite, sendo recomendado 130g para cada kg de leite ordenhado. No período final da lactação (7-10d) inicia-se a preparação do animal para o período seco então a ração se reduz gradativamente até zerar o fornecimento no robô. Essa diminuição de oferta no volume de concentrado ao período final da lactação pode ser um explicativo para uma menor procura dos animais pelo robô, diminuindo o número de visitas/dia.

O intervalo entre as ordenhas é um fator importante a fim de que os animais não passem longos períodos sem receber a oferta do concentrado. Em tráfego guiado, a não ida do animal a ordenha, além de comprometer o consumo de concentrado, afeta diretamente o consumo da PMR.

Durante a execução do trabalho, obteve-se contato com um profissional experiente que realiza assistência em nutrição no mercado de ordenha robotizada, o qual passou um certo “panorama” como exemplo de como vem ocorrendo o fornecimento da ração peletizada no sistema, assim como quantidades que vem sendo fornecida aos animais. Salienta-se que não há uma receita e cada fazenda terá suas características referente ao uso do concentrado na ordenha. É habitual o uso de três principais tabelas relacionadas a produção e fase individual do animal na qual se dividem em: dias em lactação, pico de produção e produção.

Conforme mostra na tabela 1, inicia-se o fornecimento da ração peletizada com uma tabela de “dias em lactação”, no dia um (1) cerca de 1-2kg de ração é fornecida e há um aumento gradual desse fornecimento até geralmente o dia 10-20 (varia entre fazendas), chegando no máximo a 4kg e sendo fornecida independentemente da produção de leite de cada animal. É esse o período que o robô tem para coletar as informações dos animais e gerar uma base de dados, como por exemplo a frequência com que aquele animal está indo no robô. Esse fator se torna importante para realizar

uma distribuição de ração homogênea durante suas visitas, a fim de que o animal não faça visitas sem a caída do concentrado no cocho.

A segunda tabela que o sistema utiliza refere-se à produção de leite individual de cada animal em pico de lactação e normalmente tem início entre o dia 10-20, seguindo até o término do pico (o que também irá variar entre rebanhos e fazendas). A quantidade de ração a ser fornecida nessa fase do animal é ajustada exatamente conforme a quantidade de leite(litros) produzida pelo mesmo em suas últimas ordenhas no robô, onde o próprio sistema realiza esse ajuste de maneira autônoma. Após passagem do pico de lactação, há uma diminuição da quantidade de ração fornecida por litro de leite produzido, no entanto os animais seguem recebendo o alimento conforme sua produção diária.

No final da lactação, cerca de 10 dias antes de dar início ao período seco do animal, independentemente de quanto o animal estiver produzindo, inicia-se uma diminuição no fornecimento da ração até chegar a zero. Conforme informado também nessa conversa com o profissional, em sistemas robotizados é comum o fornecimento de no máximo 3kg de ração por visita ao robô, assim como uma liberação de 400g/min durante o período da ordenha.

Tabela 1: Exemplo do fornecimento de ração peletizada em sistema robotizado.

TABELA	DIA	RAÇÃO(KG)
DEL	1	1-2
DEL	10-20	4
PICO DE PRODUÇÃO(0L)	-	3
PICO DE PRODUÇÃO (30L)	-	4
PICO DE PRODUÇÃO (40L)	-	6
PICO DE PRODUÇÃO (60L)	-	9
PRODUÇÃO (0L)	X	2
PRODUÇÃO (30L)	-	3

PRODUÇÃO (40L)	-	5
PRODUÇÃO (60L)	-	9
ANTES SECAGEM	10	X
ANTES SECAGEM	0	0

Fonte: elaboração própria.

3.3 RAÇÕES PARA O SISTEMA

3.3.1 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL

Assim como há distintos tipos de tráfegos impostos aos animais, variações nas instalações e diferentes manejos alimentares, o mesmo segue referente a composição nutricional dos péletes, não há uma regra. A formulação e as composições nutricionais variam entre as rações de diferentes fornecedores no mercado. No entanto, se tem um ponto em comum entre as “rações robôs” (aquela fornecida no momento da ordenha), a palatabilidade e a consistência do pélete deve ser excelente.

Geralmente “rações robôs” levam em sua composição uma maior quantidade de ingredientes ricos em amido. Uma maior digestão do amido no rúmen resulta em maior produção de ácidos graxos voláteis (AGV's) que podem representar até 70% da ingestão diária de energia pelo animal (Bergman, 1990). Podemos citar três principais ácidos graxos voláteis formados no rúmen após degradação do amido: acetato, propionato e butirato. Em torno de 80% do propionato absorvido no rúmen pode ser convertido em glicose no fígado (Brockman, 1990), assim estimulando a produção de leite do animal. Outro ponto que leva o pélete ser rico em amido é o fato de se ter a possibilidade de um maior controle na ingestão de carboidrato via robô, alocando as calorias individualmente com maior precisão em diferentes fases de lactação do animal por exemplo.

Uma dieta parcial para vacas leiteiras em sistema robótico tem como principal objetivo elevar o consumo de matéria seca dos animais, oferecendo um melhor aporte nutricional a eles via ração fornecida no robô. Animais com diferentes produções de leite (kg/d) terão distintas exigências nutricionais. Enquanto em uma dieta total temos uma mistura geral de ingredientes a fim de garantir as exigências nutricionais para uma média de produção do rebanho, em uma dieta parcial temos a oportunidade de oferecer uma dieta mais próxima dos nutrientes necessários para cada animal individualmente, tendo como opção ajustes mais precisos e regulares. Isso permite otimizar a ingestão de nutrientes maximizando a produção de leite do animal. De forma

geral as dietas PMR possuem porcentagens mais baixas de proteína bruta e amido comparadas ao concentrado já que normalmente são compostas de silagem de milho e/ou feno e concentrado. Por outro lado, levam uma maior porcentagem de FDN e FDA comparada a alimentação fornecida na ordenha, conforme observado em trabalho de Schwanke *et al.*, (2022) ilustrado na tabela 2.

Tabela 2. Composição nutricional de uma PMR e ração robô em sistema robotizado.

Variável, %MS	PMR	RAÇÃO ROBÔ
PB	17,4	21,0
FDN	31,6	27,3
FDA	21,4	15,2
AMIDO	25,3	22,3

Fonte: Adaptado de Schwanke *et al.* (2022)

3.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA RAÇÃO, PELETIZAÇÃO

É costumeiro que a ração fornecida aos animais no momento da ordenha robotizada seja processada e em formato de pélete diante dos benefícios quando comparado a outra forma de alimentação. Segundo Teixeira Netto (2014) o processamento de alimentos refere-se ao conjunto de operações necessárias para se obter o máximo potencial nutricional de um alimento, alterando a estrutura de um ingrediente em seu estado natural. Muitos benefícios são observados com o processamento de rações, como evitar a segregação dos ingredientes na ração, melhorar a aceitação pelo animal e o aproveitamento da dieta (Behnke, 1994). A peletização pode ser definida como a aglomeração de partículas moídas de um ingrediente ou de mistura, por meio de processos mecânicos, em combinação com umidade, pressão e calor (Peisker, 2006) resultando em uma estrutura final sólida e com formato cilíndrico.

Uma ração peletizada de qualidade é totalmente dependente de uma composição de ingredientes com qualidade. O processo de peletização da ração inicia-se pós mistura dos ingredientes quando temos a formação de uma ração farelada pronta em “tanques pré-prensagem”. Esses tanques dão vazão a ração por processo de gravidade a uma rosca alimentadora. A rosca alimentadora regula o volume de ração direcionada para o condicionador e ao mesmo tempo atua como uma

barreira que evita o fluxo de vapor do condicionador para o silo da prensa. O tratamento térmico inicia no condicionador, no qual o vapor saturado agrega umidade e calor a massa farelada, de forma que esta atinja um estado físico favorável a compactação (Froetschner, 2006a; Colovic *et al.*, 2010). A umidade e o calor impostos nessa etapa do processo são responsáveis pela plasticidade da ração farelada, uma vez que hidratam as proteínas e gelatinizam o amido. Além disso, o efeito lubrificante da umidade pode reduzir a força de atrito gerada na matriz peletizadora, o que melhora a produtividade do processo como um todo (Reimer; Beggs, 1993; Smallman, 1996).

Após a mistura passar pelo processo de tratamento hidrotérmico e gelatinização do amido no condicionador, a massa cai dentro de uma estrutura de prensa composta principalmente por rolos peletizadores e matriz peletizadora. No interior da prensa peletizadora, os defletores direcionam o fluxo da ração para os rolos, que forçam a ração farelada pelos orifícios da matriz, dando início a formação do pélete (Muramatsu, 2013). Após a massa ser comprimida e expulsa das perfurações da matriz, há uma faca que secciona o pélete conforme o comprimento desejável. Essa faca é regulável através de um sistema de rosca onde pode-se aproximar ou afastar da matriz e o fator influenciador para esse ajuste é a espécie ou categoria animal que consumirá o concentrado.

3.3.2.1 QUALIDADE DE PÉLETE, PDI, CARACTERÍSTICAS DA RAÇÃO (INGREDIENTES, MOAGEM) E AJUSTE DE EQUIPAMENTOS PARA A MÁXIMA QUALIDADE DE PÉLETE

No processo de peletização, vários fatores estão relacionados com a qualidade do pélete. São eles a formulação da dieta (40%), a moagem e o consequente tamanho das partículas (20%), o condicionamento (20%), especificações gerais do anel de prensa (15%), além dos processos de resfriamento e secagem (5%)(Reimer, 1992).

O tamanho das partículas dos ingredientes da dieta tem papel fundamental na peletização, quanto mais finas forem as partículas pós sistema de moagem, de maior excelência será o pélete. No processo de produção de rações é necessário reduzir e uniformizar o tamanho dos diferentes ingredientes a fim de garantir a homogeneização dos mesmos no misturador. Quando temos uma redução no tamanho das partículas dos alimentos, há um aumento da área superficial em relação ao volume da partícula, o que leva a maior número de pontos de contato entre as partículas. Como resultado, há aumento nas forças de adesão interatômicas (forças de Van der Waals, dipolo-

dipolo, pontes de hidrogênio), potencialização da força de capilaridade entre as fases sólido-líquido do pélete e penetração de calor e umidade até o centro da partícula de ração com menor tempo de tratamento térmico (Behnke, 2005). Fahrenholz (2012) avaliou rações formuladas com milho moído em duas granulometrias (298 micra e 462 micra) com posterior condicionamento (65°C e 85°C) e peletização, não observando diferenças na quantidade de péletes íntegros ou no índice de durabilidade de péletes (PDI).

O processo de condicionamento também é essencial para a formação de um pélete íntegro com qualidade. Juntamente com uma boa moagem de ingredientes, o condicionamento ideal é responsável por gerar péletes mais consistentes e por consequência mais duráveis e com menor presença de finos. Tanto a água adicionada no misturador, como a água adicionada sob a forma de vapor durante o condicionamento, atua como “cola” entre as partículas do pélete

Em experimento realizado na Kansas State Universtiy, foi observado que quando se variou a umidade na massa de ração farelada no misturador de 120 a 150 g/kg, houve correlação altamente positiva entre esse teor de umidade da ração e o PDI (Greer; Fairchild, 2010). Ajustes do vapor no condicionador são tão importantes que podem até triplicar a vida útil dos péletes (Couto, 2019). O vapor a ser introduzido no condicionador é produzido pela caldeira da fábrica e deve conter temperatura e umidade ajustadas para que seja um vapor de qualidade e efetivo. Após a produção do vapor, o mesmo é expelido por tubulação até o condicionador em forma de vapor saturado de umidade e levemente superaquecido. Segundo apontamento de Couto (2019) a quantidade de fluxo de vapor por hora é diretamente proporcional à quantidade de umidade a ser adicionada na ração farelada. Sendo assim, caso haja perda de energia e condensação do vapor no transporte caldeira-condicionador, essa mistura vapor-líquido além de não levar o devido aquecimento à massa, ainda irá gerar um teor de água elevado. Essa água pode agir como substância lubrificante para reduzir o atrito entre a ração e a parede dos furos da matriz da prensa (Skoch *et al.*, 1981; Ziggers, 2003; Farenholz, 2012); levando a produção de péletes moles ou até mesmo então possíveis desgastes da prensa.

Em rações destinadas a animais submetidos a ordenha robotizada é ainda mais importante processos como moagem de ingredientes, mistura, cozimento e peletização. Para que seja possível manter um padrão de pélete firme e consistente em concentrados robôs, deve-se atentar sempre a todos esses fatores. Normalmente

recomenda-se baixar níveis de massa farelada no condicionador e elevar incidência de vapor, a fim de gerar um melhor cozimento da ração antes de ser peletizada. A matriz também se mostra ser peça fundamental para a produção do “concentrado robô”. A espessura da matriz influencia no comprimento do furo passante da massa a ser peletizada. Matrizes com menores espessuras geram péletes com menores taxas de compactação, gerando materiais menos duráveis a atritos e mais susceptíveis a quebras e esfarelamentos.

Com o avanço tecnológico e uma maior aproximação a meios comunicativos e órgãos assistentes, produtores possuem maior acesso a informações. Aliado a isso, encontram no mercado insumos (caso do concentrado) com valores elevados. Por esses fatores, o comprador tem dado uma atenção maior a qualidade dos péletes quando chega a sua propriedade, assim como a possíveis sinais negativos na saúde dos animais que venham gerar decréscimos na produtividade e prejuízos financeiros.

A fim de garantir a segurança do início ao fim no processo de fabricação, as fábricas contam com diversos mecanismos que tem por finalidade assegurar a qualidade do produto final e sua efetividade. Planos de controle como: Boas Práticas de Fabricação (BPF'S), Procedimentos Operacionais Padrão (POP'S), Procedimentos de Padrão de Higiene Operacional (PPHO) entre outros são utilizados. De acordo com Menezes (2018), para as indústrias de rações são seguidas as mesmas especificações em relação à qualidade do produto gerado, pois qualquer problema nesta qualidade pode ser prejudicial à saúde dos animais, e consequentemente de forma indireta a segurança alimentar humana pelo consumo de alimentos de origem animal.

Péletes de boa qualidade são definidos como aqueles que resistem as forças de desintegração (compressões, atritos e impactos) oriundas dos sistemas de armazenamento e transporte dentro da fábrica e ao longo do trajeto da fábrica até a granja (Thomas; Poel, 1998; Cavalcanti; Behnke, 2005). O processo de degradação dos péletes normalmente está associado a três mecanismos: a) atrito ou abrasão: na qual partículas pequenas são removidas da superfície do pélete; b) fragmentação: na qual impactos intensos levam a quebra do produto em diversas partículas menores e c) lasqueamento: neste processo partículas grandes são removidas da superfície do produto (Zuniga; Perez, 2012). Na indústria contamos com alguns testes e parâmetros para avaliarmos o estado final e a qualidade dos péletes. Podemos citar como os mais comuns: índice de durabilidade de pélete (PDI) e finos. O PDI pode ser realizado

através de diversas metodologias, sendo a Pfast tipicamente empregada nos Estados Unidos (Froetschner, 2006b) e no Brasil. O teste Pfast determina a durabilidade do pélete submetendo os péletes a uma abrasão e cisalhamento entre os mesmos e contra a parede do equipamento e possui bom índice de repetibilidade (Thomas; Poel, 1996).

O principal intuito dessa metodologia é simular os impactos sofridos pelos péletes desde sua formação até seu consumo final, já que em seu transporte transita por elevadores, roscas e *redlers*, sofrendo atritos severos em sua movimentação. A metodologia então consiste em amostrar 500g do produto peletizado, passar em peneira para retirada e mensuração de finos, levar a uma caixa de metal na qual rotacionará a 50rpm por 10 minutos. Essa caixa em seu interior possui uma placa na qual busca gerar um maior atrito ao material durante o tombamento da rotação. O material após 10 minutos é peneirado para determinar o percentual de péletes retidos na peneira dotada de furos redondos com 3,0 mm de diâmetro (Lowe, 2005). Geralmente índices ideais de porcentagens de péletes íntegros irão variar entre o tipo da ração peletizada e a fábrica produtora, no entanto geralmente índices acima de 95% são bem aceitos e considerados com boa peletização. Para “rações robôs” esse cuidado deve ser maior e busca-se sempre o maior PDI possível.

A alta qualidade do pélete é essencial na produtividade no sistema de ordenha robotizada, pois assim pode ser maximizado o consumo de ração no robô com um mínimo de sobras, pois as sobras de ração no robô fazem o sistema menos preciso em termos de fornecer os requisitos exatos de nutrientes para cada vaca, mesmo se a vaca aumentar a ingestão de PMR (Bach; Cabrera, 2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ordenha robótica geralmente apresenta índices satisfatórios dentre os adeptos do sistema. É um sistema relativamente novo em solo brasileiro quando comparado a outros países, porém diante de suas vantagens tende a se expandir e evoluir ao longo do tempo, trazendo cada vez mais quantidade e qualidade de dados via pesquisa ao pecuarista leiteiro automatizado. Fazendas que alcançam o sucesso com esse tipo de ordenha são aquelas com animais bem adaptados, que voluntariamente fazem o maior número de ordenhas/dia e consomem o desejado no robô. Não há uma quantidade de ração exata a ser fornecida para cada animal/dia durante suas ordenhas, no entanto, rações peletizadas são importantes para que cada animal chegue o mais próximo do consumo planejado a ele, atingindo suas exigências nutricionais em sua respectiva fase de produção. Pôde-se concluir também com a realização dessa revisão aliado aos dados fornecidos por profissional atuante na área, que há certa semelhança entre a maneira como a ração peletizada é fornecida no sistema, bem como suas quantidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ, G.; BERENTSEN, P. B. M.; ENGEL, B.; DE KONING, C. J. A. M.; LANSINK, A. O. Increasing the revenues from automatic milking by using individual variation in milking characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 3, p. 942-953, 2010.
- BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 9, p. 7720-7728, 2017.
- BACH, A.; DINARÉS, M.; DEVANT, M.; CARRÉ, X. Associations between lameness and production, feeding and milking attendance of Holstein cows milked with an automatic milking system. *The Journal of Dairy Research*, v. 74, n. 1, p. 40–46, 2007.
- BEHNKE, K. Factors affecting pellet quality. In: **Proceedings Maryland Nutrition Conference**, College of Agriculture, University of Maryland. P. 44-54, 1994.
- BEHNKE, K. **The Art (Science) of Pelleting**. American Soybean Association. May 23-June 10. 2005.
- BROCKMAN, R. P. Effect of insulin on the utilization of propionate in sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 64, n. 1, p. 95-101, jul. 1990.
- CAVALCANTI, W. B.; BEHNKE, K. C. Effect of composition of feed model systems on pellet quality: a mixture experimental approach. **Cereal Chemistry**, v. 82, n. 4, p. 462-467, 2005.
- COLOVIC, R.; VUKMIROVIC, D.; MATULAITIS, R.; BLIZNIKAS, S.; UCHOCKIS, V.; JUSKIENE, V.; LEVIC, J. Effect of die channel press way length on physical quality of pelleted cattle feed. **Food and Feed Research**, v. 37, n. 1, p. 1-6, 2010.
- COUTO, H. P. **Fabricação de rações e suplementos para animais: gerenciamento e tecnologias**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2019. 281 p.
- DANÉS, M. A. C.; RIBEIRO, A. C. O. Como as ordenhas robotizadas afetam a nutrição de vacas leiteiras?. **MilkPoint**, 23 de maio de 2023. Coluna. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/colunas/marina-danes/como-as-ordenhas-robotizadas-afetam-a-nutricao-das-vacas-leiteiras-215425/>> Acesso em: 02 ago. 2023.
- DRACH, U.; HALACHMI, I.; PNINI, T.; IZHAKI, I.; DEGANI, A. Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. **Biosystems Engineering**, v. 155, p. 134-141, 2017.
- FAHRENHOLZ, A. C. **Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing methods for evaluating pellet**

durability. 2012. 104 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Department of Grain Science and Industry, Kansas University, Lawrence, 2012.

FROETSCHNER, J. Conditioning controls pellet quality. **Feed Tech**, v. 10, n. 6, 2006a.

FROETSCHNER, J. The quest for perfect pellet. **Feed Tech**, v. 10, n. 5, 2006b.

GREER D.; FAIRCHILD F. Cold mash moisture control boosts pellet quality. **Feed Management**, v. 50, n. 6, p. 20-21, 1999.

HENRIKSEN, J. C. S.; WEISBJERG, M. R.; LØVENDAHL, P.; KRISTENSEN, T.; MUNKSGAARD, L. Effects of an individual cow concentrate strategy on production and behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 3, p. 2155-2172, 2019.

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

LOWE, R. Judging pellet stability as part of pellet quality. **Feed Technology**, v. 9, n. 2, 2005.

MACULAN, R.; LOPES, M. A. Ordenha robotizada de vacas leiteiras: uma revisão. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 1, p. 80-87, 2016.

MENAJOVSKY, S. B.; WALPOLE, C. E.; DEVRIES, T. J.; SCHWARTZKOPFGENSWEIN, K. S.; WALPOLE, M. E.; PENNER, G. B. The effect of the forage-to-concentrate ratio of the partial mixed ration and the quantity of concentrate in an automatic milking system for lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 11, p. 9941-9953, nov. 2018.

MENEZES, R. G. D. **Boas práticas de fabricação (BPF) como ferramenta de controle de qualidade em fábricas de rações**. 2018. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MURAMATSU, K. **Aplicação de modelagem preditiva no processo de peletização de rações para frangos de corte**. 2013. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias – Concentração em Nutrição e Alimentação Animal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PADDICK, K. S.; DEVRIES, T. J.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.; STEELE, M. A.; WALPOLE, M. E.; PENNER, G. B. Effect of the amount of concentrate offered in an automated milking system on dry matter intake, milk yield, milk composition, ruminal digestion, and behavior of primiparous Holstein cows fed isocaloric diets. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 3, p. 2173-2187, 2019.

PEISKER, M. Feed processing-impacts on nutritive value and hygienic status in broiler feeds. **Proceedings of the 18th Australian Poultry Science Symposium**, p. 7–16, 2006.

- REIMER, L. **Conditioning**. Proceedings Northern Crops Institute Feed Mill Management and Feed Manufacturing Technol. California Pellet Mill Co. Crawfordsville, p. 7, 1992.
- REIMER, L.; BEGGS W. A. Making better pellets: harnessing steam quality. **Feed Management**, Sea Isle, v. 44, n. 1, p. 1-22, 1993.
- RODENBURG, J. **Feeding the Robotic Milking Herd**. e-Commons Cornell's digital repository, 2017.
- ROSSING, W.; HOGWERF, P. H.; IPEMA, A. H.; KETELAAR-DE LAUWERE, C. C.; DE KONING, C. J. A. M. Robotic milking in dairy farming. **NJAS Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 45, n. 1, p. 15-31, 1997.
- SILVI, R. R.; PAIVA, C. A. V.; TOMICH, T. R.; MACHADO, F. S.; MENDONCA, L. C.; CAMPOS, M. M.; PEREIRA, L. G. R. **Pecuária leiteira de precisão: sistemas de ordenhas robotizadas**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018. 30 p.
- SKOCH, E. R.; BEHNKE, K. C.; DEYOE, C. W.; BINDER, S. F. The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. **Animal Feed Science and Technology**, v. 6, n. 1, p. 83-90, mar. 1981.
- SMALLMAN, C. Maximising conditioning potential. **Feed Milling International**, v. 190, n. 11, p. 15-16, 1996.
- STEENEVELD, W. BARKEMA, H. W.; HOGVEEN, H. Use of a cow-specific probability of having clinical mastitis to determine the predictive value positive of automatic milking systems. In: **Precision Livestock Farming '09**. Wageningen Academic Publishers, 2015. P. 323-330.
- SCHWANKE, A. J.; DANCY, K. M.; DIDRY, T.; PENNER, G. B.; DEVRIES, T. J. 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**, v. 105, n. 7, p. 9827-9841, 2022.
- SHORTALL, J.; SHALLOO, L.; FOLEY, C.; SLEATOR, R. D.; O'BRIEN, B. Investment appraisal of automatic milking and conventional milking technologies in a pasture-based dairy system. *Journal of Dairy Science*, v. 99, n. 9, p. 7700-7713, 2016.
- TEIXEIRA NETTO, M. V. **Temperatura de condicionamento no processo de peletização de dietas para frangos de corte**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias – Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- TEIXEIRA, V. A.; DINIZ NETO, H. C.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; LANA, Â. M. Q. Sistemas de ordenha automáticos e manejo da alimentação. **NutriTime**, v. 16, n. 3, 2019. Disponível em: <<https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-491.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2023.

THOMAS, M.; POEL, A. F. B. Physical quality of pelleted animal feed. 1. Criteria for pellet quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 61, n.1-4, p. 89-112, 1996.

THOMAS, M.; POEL, A. F. B. Physical quality of pellet animal feed. Criteria for pellet quality. In: THOMAS, M. **Physical quality of pellet animal feed: a feed model study**. Wageningen: WUR, 1998. P. 19-46.

TRANEL, L. **Economics of Robotic Milking Systems**, 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Larry_Tranel%20(1).pdf > Acesso em: 14 set. 2023.

TSE, C.; BARKEMA, H. W.; DEVRIES, T. J.; RUSHEN, J.; PAJOR, E. A. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2404-2414, 2017.

VIJAYAKUMAR, M.; PARK, J. H.; KI, K. S.; LIM, D. H.; KIM, S. B.; PARK, S. M.; JEONG, H. Y.; PARK, B. Y.; KIM, T. II. 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**, v. 30, n. 8, p. 1093, 2017.

ZIGGERS, D. Die determines the pellet production. **Feed Tech**, v. 7, n. 8, p. 17-19, 2003.

ZUNIGA, R.; PEREZ, E. **Measuring physical quality of pellets and extrudates: a material science approach**. CIEN Austral (Center for Nutritional Research). Puerto Montt, Chile. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34683/R%20-%20T%20-%20KEYSUKE%20MURAMATSU.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 02 ago. 2023.