



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

BRUNO MATEUS POSSATO

NUTRIÇÃO DE PRECISÃO PARA VACAS LEITEIRAS

ARAGUAÍNA (TO)
2021

BRUNO MATEUS POSSATO

NUTRIÇÃO DE PRECISÃO PARA VACAS LEITEIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína para obtenção do Título de Bacharel em Zootecnia, sob orientação da Prof. (a) Ana Cristina Holanda Ferreira.

Orientadora: Dra. Ana Cristina Holanda Ferreira

Coorientadora: Dra. Marielen Aline Costa da Silva

ARAGUAÍNA (TO)
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

P856n Possato, Bruno Mateus .
Nutrição de precisão para vacas leiteiras . / Bruno Mateus
Possato. – Araguaína, TO, 2022.
59 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins –
Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Zootecnia, 2022.

Orientadora : Ana Cristina Holanda Ferreira

Coorientadora : Marielen Aline Costa da Silva

1. Dietas. 2. Acurácia . 3. Precisão . 4. Vacas Leiteiras . I. Título

CDD 636

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

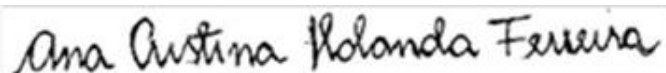
BRUNO MATEUS POSSATO

NUTRIÇÃO DE PRECISÃO PARA VACAS LEITEIRAS

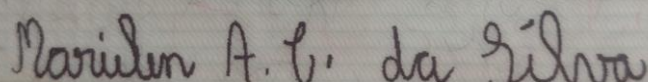
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína, Curso de Zootecnia, foi avaliado para a obtenção do Título de Bacharel em Zootecnia e aprovado em sua forma final pela orientadora e pela banca examinadora.

Data de Aprovação:03/12/2021

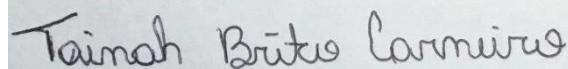
Banca Examinadora:



Profa. Dra. Ana Cristina Holanda Ferreira, Orientadora, UFNT.



Profa. Dra. Marielen Aline Costa da Silva, Examinadora, UFNT.



Zootecnista, Tainah Brito Carneiro, Examinadora, AgroMinas.

Dedico este trabalho a minha mãe, Deize Carme Stopassola Possato, que sempre foi fonte de inspiração, me encorajando e apoiando quando precisei. A realização deste trabalho é a prova de que tudo que me fez acreditar valeu a pena.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela força concedida nos momentos difíceis e por todas as graças alcançadas.

Aos meus pais José e Deize, que me auxiliaram nestes anos longe de casa. Me deram amparo e carinho, sempre me acolhendo e orientando, dando colo e conforto quando necessitei. Vocês são exemplos de vida.

Aos meus irmãos, Ana e Júnior, que sempre me incentivaram a estudar e correr atrás dos meus objetivos pessoais e profissionais.

A todo corpo docente da Universidade Federal do Tocantins, pelo conhecimento e sabedoria passados a mim.

À minha querida professora Ana Cristina Holanda Ferreira, que aceitou me orientar, depositando em mim sua confiança e permitindo a realização deste trabalho, me ajudando nos momentos que precisei. A minha coorientadora, Marielen Aline Costa da Silva, por todo auxílio prestado.

Aos meus amigos, parceiros de vida, que acompanharam tudo que passei, compartilhando as alegrias e dividindo o peso dos momentos difíceis. Em especial Álex, Tainah e Jadya, pela troca mútua de conhecimento, pelo amparo e carinho. Juntos, conseguimos superar inúmeros obstáculos em nossa trajetória.

Também, à Amanda, Elias e Janayna, que me prestaram apoio após o retorno às aulas, me acolhendo em sua turma, me amparando e dividindo os momentos de estudo.

Obrigado!

RESUMO

Dentro de uma propriedade leiteira existem diferenças entre as dietas formuladas, ofertadas e realmente consumida pelos animais, de maneira que podem interferir no desempenho produtivo, por causa de erros que são multifatoriais. Avaliar o comportamento ingestivo de vacas em lactação é uma ferramenta que possibilita entender qual o desafio que o animal está enfrentando, tanto em nível dietético, como por fatores relacionados ao ambiente. Os sensores acelerômetros permitem o monitoramento contínuo dessas variáveis, auxiliando o produtor a entender o comportamento de seu plantel. Como os alimentos dentro de uma propriedade podem possuir valores nutritivos diferentes daqueles tabelados, o uso do NIRS (Near Infrared Spectroscopy - Espectroscopia no infravermelho próximo) permite que sejam realizadas análises químico-bromatológicas de uma forma prática, rápida e barata, gerando dados a pronta entrega e possibilitando a formulação de novas dietas em um tempo menor. O comprimento de partículas dos volumosos ofertados aos animais devem estar em um padrão que possibilitem o correto consumo de matéria seca e desempenho produtivo, bem como garantam a saúde e atividade ruminal adequadas. Dessa maneira o Separador de Partículas Penn State (*Penn State Particle Separator*), foi desenvolvido com o intuito de avaliar as porcentagens de diferentes tamanhos de partículas que constituem a dieta, bem como o padrão de seleção dos animais e possíveis erros no tempo de mistura dos ingredientes no vagão forrageiro.

Palavras-Chave: Dietas, Acurácia, Precisão, Vacas Leiteiras.

ABSTRACT

Within a dairy farm there are differences between the diets formulated, offered and actually consumed by the animals, in a way that they can interfere with the productive performance, because of errors that are multifactorial. Assessing the ingestive behavior of lactating cows is a tool that makes it possible to understand the challenge that the animal is facing, both in terms of diet and factors related to the environment. Accelerometer sensors allow continuous monitoring of these variables, helping the producer to understand the behavior of his flock. As foods within a property may have nutritional values different from those listed, the use of NIRS (Near Infrared Spectroscopy - Near Infrared Spectroscopy) allows chemical-bromatological analyzes to be carried out in a practical, fast and cheap way, generating data immediately delivery and enabling the formulation of new diets in a shorter time. The particle length of forages offered to the animals must be in a standard that allows the correct consumption of dry matter and productive performance, as well as ensuring adequate rumen health and activity. Thus, the Penn State Particle Separator was developed with the aim of evaluating the percentages of different particle sizes that make up the diet, as well as the animal selection pattern and possible errors in the mixing time of the ingredients in the forage car.

Keywords: Diets, Accuracy, Precision, Dairy Cows.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Obras consultadas sob caráter exploratório afim de delimitar o campo de pesquisa.....	15
Quadro 2 - Obras encontradas na plataforma SciElo.....	21
Quadro 3 - Obras encontradas na plataforma PubMed.....	23
Figura 1 - posição do acelerômetro no pescoço da vaca, ilustração dos eixos X, Y e Z com o animal em pé	40
Figura 2 - posição do acelerômetro no membro posterior, ilustração dos eixos X, Y e Z nas posições em pé (a) e deitado (b).....	40
Figura 3 - espectrofotometro de infravermelho próximo	44
Figura 4 - Separador de partículas Penn State	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - escore de cocho para vacas leiteiras	31
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 METODOLOGIA	15
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
5.1 Nutrição de precisão: relação entre dieta formulada, oferecida e consumida pelas vacas	25
5.1.2 Comportamento ingestivo de vacas em lactação	32
5.2 Tecnologias disponíveis para auxiliar a nutrição de precisão	37
5.2.1 Sensores acelerômetros	38
5.2.2 Espectroscopia no infravermelho próximo (<i>Near Infrared Spectroscopy</i> – NIRS).....	43
5.2.3 Separador de Partículas Penn State (<i>Penn State Particle Separator</i>)	45
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção de leite no Brasil são caracterizados pelos mais diversos níveis de tecnologia, gerando um cenário de produção heterogêneo. De um lado podemos encontrar propriedades altamente tecnificadas, que através do melhoramento genético, nutrição e ambiência adequados, garantem elevados índices produtivos ao seu plantel. Em contraste às estas propriedades, existem aquelas com baixa adoção tecnológica e que ainda dependem do mercado informal de lácteos para sustento na atividade (VILELA et al., 2016).

As cabanhas leiteiras mais especializadas possuem animais de grande mérito genético, alta produção e elevadas exigências nutricionais. Geralmente estes animais estão em sistema de confinamento, onde são separados em lotes, divididas de acordo com suas fases produtivas, devido aos distintos níveis de exigência nutritiva. O arraçoamento é feito na pista de alimentação na forma de ração total misturada ou “total mixed ration” (TMR), e seu consumo médio é influenciado principalmente pelo consumo voluntário e a seleção de alimentos. Na TMR, o volumoso, o concentrado e demais ingredientes são fornecidos misturados a fim de estabelecer um fluxo contínuo de chegada de energia e proteína ao ambiente ruminal, disponibilizando de maneira equilibrada os nutrientes que permitem o crescimento bacteriano (LUZ et al., 2019; TOMICH et al., 2015; CARNEIRO, 2013; PEREIRA et al., 2003).

No entanto, quando recebem a TMR deve-se observar o comportamento de seleção, especialmente contra as partículas maiores de volumosos, se tornando necessária a análise do comportamento ingestivo e distribuição de partículas, a fim de adequar o manejo alimentar e garantir níveis desejados de produção e saúde das vacas (BEZERRA et al., 2002; FARIA, 2019).

Além disso, o melhoramento genético exerceu um papel determinante para ingestão de nutrientes pelas vacas, já que as exigências nutricionais foram constantemente aumentadas com o decorrer do processo de seleção, mas a capacidade de consumo de matéria seca (CMS) não seguiu a mesma tendência, obrigando o fornecimento de dietas com densidades energéticas maiores. Outro fator importante, é que os custos com alimentação têm crescido significativamente, reduzindo as margens de lucro do produtor (FARIA, 2019)

Segundo Carneiro (2013), deve-se atentar para que a dieta oferecida seja o mais próximo possível da dieta calculada nos softwares, objetivando que as quantidades de nutrientes fornecidos atendam a exigência do animal e não a extrapolem, diminuindo perdas de desempenho e excreção de nutrientes ao meio ambiente.

Neste contexto, a nutrição de precisão apresenta-se como uma ferramenta tecnológica, que busca otimizar o processamento das dietas dentro da propriedade bem como seu aproveitamento pelos animais. A nutrição de precisão ultrapassa os limites a nutrição propriamente dita, e está atrelada ao desenvolvimento de tecnologias que permitam coletar dados de maneira rápida e contínua, afim de tornar o processo de tomada de decisão mais assertivo (GONZÁLES; KYRIAZAKIS; TEDESCHI, 2018)

Desta maneira, esta pesquisa avaliou a seguinte problemática: como a literatura científica analisa a nutrição de precisão e as novas tecnologias disponíveis para auxiliarem na nutrição de vacas leiteiras.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Investigar como a literatura científica analisa a nutrição de precisão para vacas leiteiras e o incremento de tecnologias que visam melhorar o processo de nutrição para vacas em lactação.

2.2 Objetivos específicos

- a) Comparar como a literatura científica analisa a acurácia e precisão de dietas dentro das propriedades;
- b) Demonstrar como a literatura científica analisa o uso das tecnologias no monitoramento do comportamento das vacas em lactação e no auxílio de sua nutrição.

3 METODOLOGIA

A pesquisa em questão, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, que busca respostas para o questionamento proposto a partir de materiais já publicados (FONSECA, 2002). Inicialmente, foram analisados documentos de maneira exploratória, a fim de auxiliar na delimitação do tema proposto (SOUSA; OLIVEIRA; ALVES, 2021). Os documentos avaliados, se encontram descritos no quadro 1, e foram encontrados na plataforma *Google Scholar*, utilizando o termo “nutrição de precisão para vacas leiteiras”.

Quadro 1 - Obras consultadas sob caráter exploratório afim de delimitar o campo de pesquisa.

Autores	Título da pesquisa/texto	Ano de publicação	Tipo de documento
Luz, G. B.; Matos, R. F.; Cardoso, J. B.; Brauner, C. C	Exigências nutricionais, cálculos de dieta e mensuração de sobras no manejo nutricional de vacas leiteiras	2019	Artigo
Principais pontos da obra	O processo melhoramento genético para o valor agregado dos animais. Princípios da regulação metabólica e evolução da curva da lactação e da curva de ingestão de matéria seca. Avaliação da condição de escore corporal para avaliar o status nutricional de animais em lactação. Participação da dieta nos custos de produção		
González, F. H. D.; Gonçalves, R. S.; Raimondo, R. F. e.; Rivero, B. R. C.; Dalto, A.	Anais do V simpósio da vaca leiteira	2018	Anais de evento
Principais pontos da obra	Doenças metabólicas que podem acometer o rebanho leiteiro e importância do monitoramento dos animais em período de transição. Avaliação do plantel, evitando que as doenças metabólicas se agravem. Uso de colares que registram a atividade individual dos animais, bem como a importância da gestão de dados comportamentais dos animais.		

Carneiro, J. H.	Nutrição de precisão em dietas de vacas leiteiras de alta produção e seus impactos na produção e composição do leite.	2016	Dissertação
Principais pontos da obra	Relação entre dieta formulada, fornecida e consumida pelas vacas. Importância da acurácia e precisão de dietas para vacas em lactação e os possíveis erros que podem prejudicar a qualidade final da ração bem como o efeito sobre a composição do leite.		
Machado, F. S.; Ribas, M. N.; Coelho, S. G.; Pires, M. F. A.;	Impactos da pecuária leiteira de precisão na saúde e no comportamento animal	2015	Capítulo de livro
Principais pontos da obra	Principais doenças que acometem os rebanhos leiteiros e a relação dessas doenças com o comportamento das vacas em lactação. Análise de tempo de consumo, ingestão de matéria seca, taxa de consumo e produção de leite em vacas saudáveis ou acometidas por algum tipo de desordem metabólica. Ressalta a importância do monitoramento dos animais e da gestão de dados.		
Tomich, T. R.; Machado, F. S.; Pereira, L. G. R.; Campos, M. M.	Nutrição de precisão na pecuária leiteira.	2015	Capítulo de livro
Principais pontos da obra	Importância do conhecimento das exigências nutricionais dos animais, do valor nutritivo dos alimentos fornecidos ao plantel e importância da coleta de dados de forma individual.		

Fonte: elaborado pelo autor (2021)

Além da plataforma *Google Scholar* e o método de pesquisa citado anteriormente, foram utilizadas as plataformas *SciELO* e *PudMed*. Na plataforma da *SciELO*, foram usadas as palavras-chave “*nutrição*” or “*precisão*” or “*vacas leiteiras*”, filtros de idioma “Português” e área temática “ciências agrárias”. A busca gerou um resultado com 397 artigos sendo que do total desses, 13 foram selecionados a partir da análise de conteúdo realizada através do título e resumo.

Dentro da plataforma *PubMed*, foram buscados artigos com base de similaridade ao artigo “*Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensor to Improve Animal Well-Being and Production*”, sendo o trabalho referência sobre o desenvolvimento de tecnologias para pecuária. A busca contou com 151 arquivos, dos

quais 12 foram selecionados de acordo com a análise do conteúdo feita através do título e resumo.

Para complementar a pesquisa feita nas plataformas previamente selecionadas, foram realizadas pesquisas complementares nos buscadores da internet, com temas vinculados a nutrição animal e que são relevantes para discussão do trabalho.

A pesquisa bibliográfica se baseia em livros, artigos, teses, publicações em anais, entre outros. Desta maneira, a sistematização da escolha de arquivos, tem como objetivo padronizar o perfil de documentos utilizados durante a realização do trabalho (DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO; TAKAHASHI; BERTOLOZZI, 2011). No presente estudo, foram utilizados materiais de caráter científico nacional e internacional, encontradas no período de maio/2021 a out/2021, sendo o período de publicação dos mesmos de 2002 a 2021.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção leiteira no Brasil vem crescendo anualmente e, depende principalmente do aumento da produtividade animal para garantir o aumento na produção total. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicam que o rebanho efetivo de bovinos leiteiros em 2019, diminuiu 0,5% em relação ao ano anterior. Mesmo com um rebanho menor, a produção de leite foi 2,7% superior em 2019, configurando um aumento na produtividade dos animais (IBGE, 2019).

O aumento na produção por vaca incrementa a renda dos produtores flexibilizando a margem de lucro na propriedade. Contudo, os custos de produção se elevam anualmente dentro dos setores de produção animal e a busca por máxima eficiência na nutrição e produção de bovinos leiteiros tem se tornado constante, a fim de reduzir os custos (VILELA, 2016).

Dentro de uma propriedade, a nutrição dos animais é um dos componentes com maior participação no custo total da produção. Desta forma, um bom planejamento nutricional, levando em consideração o consumo de alimentos e as exigências nutricionais dos animais, permite a formulação de dietas adequadas às categorias, garantindo níveis produtivos desejáveis. No entanto, é necessário também evitar desperdícios de alimentos para que o sistema se mantenha economicamente eficiente (LUZ et al., 2019).

A nutrição de precisão objetiva fornecer ao animal as frações exatas de nutrientes para manutenção, produção e reprodução, devendo haver um amplo conhecimento sobre as exigências nutricionais das categorias e do valor nutritivo dos alimentos. Entretanto, no Brasil ainda ocorrem algumas limitações nas formulações de dietas, já que muitas vezes são utilizados valores tabelados de alimentos, que podem ser diferentes daqueles encontrados nas fazendas que fornecem o ingrediente. A variação nutritiva do alimento é intrínseca as características edafoclimáticas, condições de solo e adubação, e processamento e armazenamento (TOMICICH et al., 2015).

Ainda, segundo Tomich et al. (2015), as exigências para bovinos leiteiros foram determinadas a partir de pesquisas realizadas em maior parte nos países da Europa e os Estados Unidos da América, sendo a literatura nacional escassa dessas

informações. Desta forma, as exigências foram determinadas em situações não condizentes com a realidade dos animais que vivem em regiões tropicais, podendo, em função disso, ocorrerem erros nos cálculos que determinam a porcentagem de nutrientes que devem ser fornecidos em função da demanda animal, nas diferentes fases que se encontram.

Além disso, segundo Carneiro (2013), existem desproporções entre a dieta formulada nos softwares, daquela ofertada e realmente consumida pelos animais. Dados de seu estudo apontam diferenças significativas entre os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e resíduo mineral (RM) de dietas formuladas e ofertadas aos rebanhos leiteiros. Os principais motivos considerados pelo autor, são a variação bromatológica do alimento dia a dia, bem como erros no carregamento dos vagões forrageiros para mistura dos ingredientes.

Em relação a PB calculada e ofertada, pode-se observar uma redução 6,45% na média das propriedades avaliadas, enquanto a amplitude de variação indicou o menor valor (-23,40% de PB na dieta ofertada) e maior valor (+13,14% de PB na dieta ofertada) de proteína, mostrando propriedades que estão subnutrindo ou supernutrindo os animais (CARNEIRO, 2013).

Verificou-se que quando a ingestão de PB é menor do que a exigência estimada, podem ocorrer falhas no desempenho animal. Já quando os níveis de PB consumidos são acima dos níveis recomendados, ocorre maior excreção de nitrogênio no leite e através da urina, que possui efeito contaminante ao meio ambiente. O crescimento dos microrganismos ruminais é dependente do nível de compostos nitrogenados presentes no líquido ruminal, pois dependem do Nitrogênio para multiplicação celular. Por esse motivo, a menor ingestão de PB, que disponibiliza estes compostos, pode limitar o crescimento de bactérias e degradação da parede celular. Nesse sentido, o aumento dos níveis de PB na dieta e consumo, garante aumento no consumo de matéria seca (CMS) e digestibilidade, disponibilizando maior aporte de nutrientes para glândula mamária (PAIVA et al., 2013).

O consumo de matéria seca (CMS) influencia diretamente o potencial produtivo das vacas em lactação e é influenciado pela distensão física do rúmen e por regulação quimiostática, sendo que os mesmos estão relacionados ao tipo de dieta ofertada.

Geralmente o CMS e os fatores que o regulam, podem ser preditos a partir de modelos matemáticos que levam em consideração as exigências dadas a partir de ensaios metabólicos (FERNANDES et al., 2020).

Vieira (2019) trabalhando com equações para predição de consumo em vacas leiteiras confinadas, identificou que os principais fatores que estão relacionados a regulação do CMS, estão associados ao animal, em que a produção de leite e peso metabólico correspondem a quase 50% das variações do CMS. Enquanto isso, os fatores relacionados a dieta (26%) e ao ambiente (1,6%) interferem em menor grau. Ao analisar apenas os fatores que correspondem somente ao animal, relatou-se que a produção de leite e peso metabólico correspondem a mais que 92% do efeito regulador do CMS.

Segundo Liang et al. (2021), o CMS é um dado importante, já que permite avaliar a eficiência alimentar das vacas, identificando indivíduos que são melhores no aproveitamento da dieta e produção leiteira. No entanto, a eficiência alimentar é de difícil obtenção nas propriedades, pois necessita de dados individuais de consumo para determinar o aporte necessário de nutrientes.

Neste sentido, a nutrição de precisão busca otimizar a relação entre a demanda e fornecimento dos nutrientes, através de tecnologias que monitoram remotamente os animais, objetivando uma maior lucratividade ao produtor, produtos melhores, e também, resultados ambientais desejados (GONZÁLEZ; KYRIAZAKIS; TEDESCHI, 2018).

De acordo com Berckmans (2014), as tecnologias utilizadas na maior parte das fazendas, permitem a coleta de dados dos mais diferentes parâmetros dentro da propriedade. No entanto, poucas tecnologias têm enfoque nos animais e, assim, a pecuária de precisão também busca o monitoramento contínuo sobre os animais, colhendo dados a respeito da produção, reprodução, saúde e bem-estar.

Desta forma, avaliar as variáveis comportamentais e fisiológicas de forma individual, permite reconhecer os desvios que necessitam de intervenção humana. No entanto, o uso de novas ferramentas para pecuária leiteira, necessitam de processos de validação de dados, assegurando que as medições são confiáveis e garantindo a precisão dos resultados (BERCKMANS, 2014; COSTA; CANTOR; NEAVE, 2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da pesquisa bibliográfica realizada nas plataformas *SciElo* e *PubMed*, observou-se que as publicações encontradas na plataforma *SciElo* apresentam diferentes abordagens quanto à temática nutrição de precisão para vacas leiteiras, onde, de maneira geral, os artigos de âmbito nacional tratam sobre saúde do rebanho, manejo reprodutivo, equações para predição de consumo, manejo nutricional, entre outros, como mostra o quadro 2.

Quadro 2 - Obras encontradas na plataforma SciElo.

Nome do autor	Título	Revista	Ano	Abordagem do assunto
Souza, S. R. L.; Nääs, I. A.; Moura, D. J.	Análise de imagens para a caracterização das atividades de vacas leiteiras dentro do galpão de confinamento	Engenharia Agrícola	2011	Sistema de monitoramento de atividades de vacas leiteiras, por meio de um software.
Alvarenga, P. B.; Rezende, A. L.; Justo, F. B.; Rezende, S. R.; Cesar, J. C. G.; Santos, R. M.; Mundim, A. V.; Saut, J. P. E.	Perfil metabólico de vacas Jersey clinicamente saudáveis	Pesq. Vet. Bras.	2016	Principais indicadores sanguíneos de vacas da raça Jersey.
Barbosa, A. A.; Ferreira, C. M.; Corrêa, M. N.; Schwegler, E.; Raimondo, R. F. S.; Del Pino, F. A.	Lesões associadas à laminite subclínica e exame radiográfico digital em vacas da raça holandês no período transicional	Ciência Animal Brasileira	2016	Diagnóstico da laminite clínica afim de evitar prejuízos econômicos na pecuária leiteira.
Berto, J. L. & Berto, J. L.	Estimativa do saldo anual de N em sistemas de criação de vacas leiteiras no Oeste de Santa Catarina	Ciência Rural	2007	Estimativa de Nitrogênio importado e exportado do sistema.
Bond, G. B.; Almeida, R.; Ostrensky, A.	Métodos de diagnóstico e pontos críticos de	Ciência Rural	2012	Comportamento e bem estar dos animais frente as

Molento, C. F. M.	bem-estar de bovinos leiteiros			adversidades do meio
Filho, A. P. S.; Mendonça, C. L.; Souto, R. J. C.; Silva, R. J.; Soares, P. C.; Afonso, J. A. B.	Indicados bioquímico e hormonal de vacas leiteiras mestiças sadias e doentes durante o final da gestação e o início da lactação.	Pesq. Vet. Bras.	2017	Indicadores para avaliar o perfil energético, proteico, hormonal e mineral.
Meyer, P. M.; Machado, P. F.; Coldebella, A.; Cassoli, L. D.; Coelho, K. O.; Rodrigues, P. H. M.	Fatores não-nutricionais e concentração de nitrogênio uréico no leite de vacas da raça Holandesa.	Revista Brasileira de Zootecnia	2006	Quais os fatores que afetam a concentração de uréia no leite.
Paiva, V.R.; Lana, R.P.; Leão, M.I.; Teixeira, R. M. A.	Teores proteicos em dietas para vacas Holandesas leiteiras em confinamento	Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.	2013	Níveis de proteína buta na dieta para vacas em lactação.
Santos, G. & Lopes, M. A	Indicadores econômicos de sistemas de produção de leite em confinamento total com alto volume de produção diária	Ciência Animal Brasileira	2014	Análise dos custos operacionais efetivos, do valor de patrimônios e indicadores econômicos de propriedades leiteiras.
Villadiego, F. A. C.; Pereira, J. V.; Costa, E. P.; Marcondes, M. I.; Leon, V. E. G.; Maitan, P. P.; Nogueira, A. R.; Guimarães, J. D.	Parâmetros reprodutivos e produtivos em vacas leiteiras de manejo <i>free stall</i>	Pesq. Vet. Bras.	2016	Indicadores de eficiência reprodutiva e produtiva em rebanho confinado em <i>free stall</i> .
Wernersbach Filho, H. L.; Campos, J. M. S.; Assis, A. J.; Valadares Filho, S. C.; Queiroz, A. C.; Valadares, R. F. D.; Lana, R. P.	Consumo, digestibilidade aparente e desempenho de vacas leiteiras alimentadas com concentrado processado dediferentes formas	Revista Brasileira de Zootecnia	2006	Diferentes formas de processamento de concentrados sobre a digestibilidade das frações do alimento

Zanin, E.; Henrique, D. S.; Fluck, A. C.	Avaliação de equações para estimar o consumo de vacas leiteiras	Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.	2017	Comparação entre os diferentes métodos utilizados para predizer o consumo de matéria seca das vacas.
---	---	------------------------------	------	--

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

No entanto, os artigos encontrados na plataforma *PubMed* eram baseados em assuntos relacionados às tecnologias disponíveis para produção pecuária, o uso de sensores e a aplicabilidade desses sensores dentro da atividade leiteira, nutrição animal e pecuária 4.0.

Quadro 3 - Obras encontradas na plataforma PubMed.

Autor	Título	Revista	Ano de publicação	Abordagem do assunto
Berckmans, D.	Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems	Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz	2014	Monitoramento animal individual
Bovo, M.; Agrusti, M.; Benni, S.; Torreggiani, D.; Tassinari, P.	Random Forest Modelling of Milk Yield of Dairy Cows under Heat Stress Conditions	Animals	2021	Tecnologia utilizada para avaliar a produção de uma única vaca em função dos desafios ambientais.
Buller, H.; Blockhuis, H.; Lokhorst, k.; Silberberg, M.; Veissier, I.	Animal Welfare Management in a Digital World	Animals	2020	Monitoramento e vigilância do bem estar animal
Cabrera, V. E.; Barrientos-Blanco, J. A.; Delgado, H.; Fadul-Pacheco, L.	<i>Symposium review:</i> Real-time continuous decision making using big data on dairy farms	Journal of Dairy Science	2019	Uso da big-data e processo de tomada de decisões dentro das propriedades.
Costa, J. H. C.; Cantor, M. C.; Neave, H. W.	<i>Symposium review:</i> Precision Technologies for dairy calves and	Journal of Dairy Science	2019	Monitoramento de saúde e bem estar de bezerras leiteiras.

	management applications			
González, L. A.; Kyriazakis, I. Tedeschi, L. O.	Review: Precision nutrition of ruminants: approaches, challenges and potential gains	Animal	2018	Como a nutrição de precisão é entendida e usada.
Groher, T.; Heitkämper, k.; Umstätter, C.	Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming	Animal	2020	Uso de sensores para monitoramento animal em propriedades leiteiras
Liang, S.; Wu, C.; Peng, W.; Liu, J. X.; Sun, H. Z.	Predicting Daily Dry Matter intake Using Feed Intake Of First Two Hours after Feeding in Mid and Late Lactation Dairy Cows with Fed Ration Three Times Per Day	Animals	2021	Modelos matemáticos para predição de ingestão de matéria seca
Neethirajan, Suresh	Transforming the adaptation Physiology of Farm Animals through Sensors	Animals	2020	Bem estar dos animais e sua medição através das tecnologias.
Norton, T.; Chen, C.; Larsen, M. L. V. Berckmans, D.	Review: Precision Livestock Farming: building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer	Animals	2019	Desenvolvimento da pecuária de precisão
Stygar, Anna H.; Gómez, Y.; Berteselli, G. V.; Dalla Costa, E.; Canall, E.; Niemi, J. K.; Lionch, P.; Pastell, M.	A systematic Review on Commercially Available and Validated Sensor Technologies for Welfare Assessment of Dairy Cattle	Frontiers in Veterinary Science	2021	Tecnologias que podem agregar valor dentro da produção pecuária.
Tedeschi, L. O; Greenwood, P. L.; Halachmi, I.	Advancements in sensor technology and decision support inteligente tools to assist smart livestock farming	Journal of Animal Science	2021	Uso da inteligência artificial na produção animal

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

A partir da leitura completa dos materiais selecionados a partir dos critérios predefinidos, realizou-se uma análise de conteúdo, permitindo determinar quais os artigos seriam destinados a realização do trabalho.

5.1 Nutrição de precisão: relação entre dieta formulada, oferecida e consumida pelas vacas

De acordo com Carneiro (2016), a acurácia da dieta garante que a ração formulada, a ofertada e a consumida pelas vacas sejam idênticas, sendo considerado um fator de extrema importância para o bom desempenho dos animais, mas que dificilmente ocorre dentro das propriedades. A dieta também deve ser precisa, onde sua composição nutricional deve ser a mesma durante o período em que o animal estiver em seu lote. Existem alguns fatores que podem alterar a acurácia e precisão das rações fornecidas, como por exemplo, a diferença entre o valor nutricional tabelado dos alimentos e do disponível na fazenda e deficiências no carregamento e mistura dos ingredientes.

Segundo Tomich et al. (2015) existem quatro possíveis dietas: aquela formulada em softwares; a misturada; a fornecida e a realmente consumida pelas vacas. Sendo assim, existem fatores que podem corromper a acurácia em cada uma das fases. Erros nos valores nutritivos dos ingredientes, falta de dados sobre a exigência nutricional do lote, falhas no software, podem ocorrer na etapa de formulação. Durante a batida, são comuns falhas no carregamento dos alimentos, tempo inadequado de mistura e segregação das partículas. Para as dietas fornecidas e consumidas, podem ocorrer sucessivamente, perda de ingredientes durante o carregamento, seleção de alimentos no cocho e falhas na previsão de consumo, que acabam subestimando as quantidades em quilograma de matéria natural/vaca/dia. No entanto, os erros de carregamento e o comportamento de seleção das vacas exercem maior influência sobre a nutrição de precisão.

Carneiro (2016) ao avaliar a acurácia e a precisão das dietas de 20 fazendas comerciais na região de Campos Gerais, Paraná, observou que os alimentos concentrados apresentaram sobcarregamento, com uma média de 4,37% do esperado. Houve diferenças para os teores de MS, PB, FDN, FDA, Lignina, extrato

etéreo (EE) e Resíduo Mineral (RM) entre as dietas formuladas e ofertadas. A diferença média de PB entre as propriedades avaliadas foi de -2,9%, onde uma propriedade chegou a apresentar 13,8% a menos de PB na dieta ofertada do que na dieta calculada. Para FDN observou-se um incremento médio de 10,7% nas dietas ofertadas, com valores girando dentro de um intervalo de -3,4 e 32,5% de diferença em relação àquelas formuladas. O comportamento de seleção de vacas leiteiras sob a fibra foi muito bem observado a partir do momento que foi mensurado o valor nutricional das sobras onde FDN (17,2%), FDA (25,0%) e lignina (71%) sofreram incremento nas sobras em relação a dieta ofertada, já as concentrações médias de PB e EE diminuíram 12,9% e 16,5% respectivamente.

Já em seu estudo anterior, o autor identificou que os teores de MS, PB, FDN, FDA e RM eram discrepantes entre as rações formuladas nos softwares e aquelas ofertadas às vacas, com um teor médio de PB 6,45% menor daquele estimado. Uma amplitude de variação indicou -23,4% e +13,14% de PB nas dietas ofertadas e os motivos para variações tão grandes, são os mesmos supracitados (CARNEIRO, 2013).

Silva-del-Río & Castillo (2012), observaram diferenças entre as dietas fornecidas em um intervalo de 7 dias em propriedades leiteiras no Estado da Califórnia, EUA. A relação entre dieta calculada e ofertada, ficou nos intervalos de -4% e 2% (FDN), -2% e 4% (PB), além de diferenças encontradas para Cálcio e Fósforo.

Segundo o NRC (2001), as dietas para vacas em lactação devem ser formuladas com 25% de FDN (%MS), onde 19% do total deve ser oriundo da forragem. De acordo com Neto (2011), é de suma importância que essas exigências para FDN sejam respeitadas. Isso porque, o FDN das dietas influencia a atividade mastigatória e a salivagem dos ruminantes, onde, além de outras funções, como umedecimento dos alimentos, a saliva atua também como tamponante do pH ruminal. Isto ocorre, devido à presença de em grande proporção de bicarbonato, fosfato e potássio, mantendo o pH da saliva alcalino e auxiliando no controle do pH do rúmen. Por esses fatores, deve-se considerar a efetividade do FDN na formulação das dietas.

O FDN fisicamente efetivo (peFDN) está relacionado com a capacidade que a fonte de fibra tem de promover ruminação, salivagem e tamponamento ruminal, sendo

o comprimento de partículas o principal fator a determinar a efetividade da fibra. (PLAIZIER et al., 2018).

Apesar da importância de peFDN, Mendonça et al. (2004) ressaltam que a fonte de fibra da dieta, pode limitar o consumo dos animais, pois a digestibilidade do FDN pode diminuir a taxa de passagem e aumentar o tempo de retenção dos volumosos no rúmen, comprometendo o CMS das vacas.

O CMS também pode ser reduzido, quando os animais recebem dietas com grandes quantidades de forragem, já que ocorre distensão física do rúmen devido ao seu enchimento. Uma alternativa que permite aumentar o CMS, é a redução do tamanho de partículas dos volumosos, permitindo maior digestibilidade (NASROLLAHI; IMANI; ZEBELI, 2015), já que o processamento físico da fibra facilita a penetração e a colonização das partículas pelas bactérias ruminais (KOZLOSKI, 2009). No entanto, o fracionamento excessivo das partículas pode apresentar efeito inverso, sendo deletério sobre a digestibilidade aparente, pois as partículas do volumoso podem deixar o rúmen antes mesmo da adesão dos microrganismos (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Além da importância do FDN para o CMS e para ruminação e salivação, Cook et al. (2004) e Bramley et al. (2008), discutem que o peFDN é importante para prevenção de acidose ruminal. Geralmente, os episódios de acidose ruminal ocorrem em ruminantes que não estão previamente adaptados às dietas com níveis mais elevados de concentrado, sendo que suas principais consequências ocorrem na forma de depressão na gordura do leite e lâminite.

No entanto, mesmo em animais adaptados pode haver episódios de acidose, e se tratando de vacas em lactação esse quadro pode se agravar ainda mais, já que dependem da ingestão de grandes quantidades de concentrado energético, que possuem em sua constituição uma elevada porcentagem de amido, precursor do ácido lático e responsável pela queda acentuada do pH (COOK et al., 2004; BRAMLEY et al., 2008).

Nesse contexto, o uso de TMR permite fornecer aos animais o volumoso fracionado, as pré-misturas concentradas e minerais e demais ingredientes, em uma mistura, como forma de alimento completo. Com isso, pode-se reduzir a seleção de partículas pelos animais de maneira que consumam de forma uniforme o volumoso e

concentrado, fornecendo substratos em um fluxo contínuo aos microrganismos e permitindo seu adequado crescimento e desenvolvimento, evitando variações bruscas no pH em função do perfil de ácidos graxos produzidos (SOVA et al., 2014; BERCHIELLI et al., 2011; KOZLOSKI, 2009).

No entanto, o mal processamento dos ingredientes, como falhas no momento da pesagem dos alimentos, pode comprometer a qualidade da mistura final, resultando em uma dieta fornecida diferente daquela calculada pelo nutricionista. Variações nos teores de matéria seca, minerais, FDN, FDA, PB e NDT são observadas em maior ou menor grau nas propriedades, em diferentes dias de semana, indicando imprecisão no fornecimento de nutrientes para os animais. Um dos problemas que podem vir à tona quando os nutrientes extrapolam a exigência, é a excreção de nutrientes para o meio ambiente, principalmente o nitrogênio e fósforo que possuem efeito contaminante (SOVA et al., 2014).

Berto e Berto (2007), ao estimarem o balanço anual de N em propriedades no Oeste Catarinense, identificaram que vacas de alta produção, com uma média anual de 4.111 L/leite/ano, deixaram dentro da propriedade cerca de 3kg de N, de cada 4kg que entraram no sistema. A concentração de N na urina e fezes em determinadas áreas pode contaminar o ar (volatilização) e a água (lixiviação). Segundo Vasconcelos et al. (2010) as concentrações de N na urina, são medidas a partir da concentração de uréia e variam em função do nível de ingestão de PB, produção de leite e de ingestão de carboidratos não fibrosos.

Oh et al. (2019), avaliaram a redução dos níveis de PB de 165g/kg para 155g/kg da dieta e a combinação das dietas reduzidas com óleos comerciais LCP e LCPEO, com a hipótese de que os óleos poderiam melhorar a eficiência da fermentação, não comprometendo a produção leiteira e reduzindo as excreções de N pelo leite, urina e fezes. Foi observado que o CMS foi maior para as vacas que consumiram a dieta que apenas sofreu a redução de 10g de PB (dieta controle). A produção de leite não diferiu entre a dieta controle e as dietas que utilizaram óleos essenciais e além disso, LCP e LCPEO reduziram as perdas urinárias e fecais de N, com uma redução de aproximadamente 13% para LCP e de 15,5% para LCPEO, o que são bons indicativos em aproveitamento do N.

Segundo Endres e Espejo (2010), o objetivo das rações na forma de TMR, é fornecer todos os ingredientes que atendem às necessidades em uma única ração melhorando o desempenho produtivo das vacas. Ao avaliarem a composição da dieta formulada com a dieta fornecida em 50 fazendas leiteiras no Estado de Minnesota, Estados Unidos, observaram que o teor de MS foi semelhante para ambas, no entanto, encontraram diferenças significativas para os teores de FDN e PB. As diferenças foram mínimas, onde o FDN foi 0,8 pontos percentuais, a mais na ração ofertada em relação à formulada, enquanto o valor de PB foi 0,4 pontos percentuais a menos na ração ofertada.

Essas diferenças encontradas não causaram problemas no desempenho das vacas, visto que a dieta foi calculada para uma produção de leite de 40 kg/vaca/dia e a produção média durante o estudo foi de $39,9 \pm 5,6$ kg/dia, indicando que a dieta alcançou às exigências nutricionais dos animais. No entanto, ao coletarem amostras da TMR durante o consumo (tempos 2 e 3 horas após o fornecimento) observaram que as sobras da dieta apresentaram um teor de FDN 6,75 pontos percentuais maiores que a dieta formulada, indicando que as vacas exerceram comportamento de seleção contra partículas maiores do volumoso (ENDRES & ESPEJO, 2010).

Quando as vacas recebem TMR geralmente exercem comportamento de seleção, buscando as partículas menores da forragem. Como os ingredientes que constituem as rações concentradas são mais palatáveis que as fontes de fibra, também os buscam com maior frequência, de maneira que as sobras no cocho sejam constituídas em sua maior parte por partículas grosseiras de volumoso, e o concentrado seja consumido praticamente em sua totalidade. Dessa forma, a redução no tamanho de partículas auxilia em um consumo mais uniforme da ração e também maior consumo de FDN (COON; DUFFIELD; DeVRIES, 2018).

Faria (2019) avaliou a uniformidade das rações em forma de TMR para vacas em lactação e identificou que erros no carregamento da silagem, subestimaram o peso deste alimento em até 5,7kg/vaca/dia. Além disso, erros no carregamento do alimento concentrado foram responsáveis por 1,4kg/vaca/dia a menos de concentrado ofertado em relação às recomendações da formulação. Além disso, apenas uma das quatro propriedades avaliadas durante o estudo, manteve uniformidade de distribuição de partículas na TMR de acordo com o separador de partículas de *Penn State*.

Para o crivo superior, as três propriedades que extrapolaram o recomendado (2-8% de retenção de partículas) apresentaram uma média de 27,06% de retenção. Para crivo médio (30-50%), inferior (10-20%) e base (30-40%) as médias dessas propriedades foram de 26,73%, 16,83% e 29,39% respectivamente. As variações atribuídas para a análise é de que, o tempo médio de mistura da ração no vagão forrageiro após a adição do último ingrediente da dieta, foi considerado excessivo (7,4 minutos) (FARIA, 2019).

De acordo com Lazarini, Gai e Fagundes (2014), o tempo de mistura inadequado pode comprometer a qualidade da TMR de maneiras distintas. O menor tempo de mistura, resultará em uma dieta incompleta que favorece o comportamento de seleção. Já para as rações que passam por uma mistura excessiva, ocorre a segregação de partículas quando este alimento é fornecido no cocho por causa da redução abrupta que sofrem. Desta maneira, monitorar o consumo dos animais se torna importante para avaliar a qualidade da TMR.

Segundo Leonardi & Armentano (2003), o esperado é que os bovinos leiteiros classifiquem a dieta em forma de TMR, consumindo partículas menores de volumosos e concentrado, deixando como sobras no cocho as partículas mais grosseiras e de maior comprimento. Nesse sentido, dietas que são constituídas por uma elevada proporção de partículas maiores, podem aumentar o comportamento seletivo dos ruminantes e ao mesmo tempo, a diferença entre a dieta formulada e realmente consumida pelos animais. Por este motivo, torna-se importante o monitoramento da uniformidade de partículas, bem como das sobras presentes no cocho após o consumo dos animais.

A leitura de cocho é uma ferramenta subjetiva, na qual é realizada a análise visual do alimento deixado no cocho após um determinado período de consumo, onde notas ou escores são atribuídos e determina se os animais em confinamento estão realmente consumindo o que se é esperado, em relação a dieta formulada e oferecida. As pontuações do escore variam de 0 a 5, sendo que o escore entre 0 e 1 é considerada a condição de subnutrição do rebanho; de forma contrária, o escore entre 4 e 5 indicam que os animais não estão consumindo praticamente nada do alimento fornecido, sendo necessária uma avaliação mais criteriosa sobre a dieta do lote (PEREIRA, 2018).

Ainda de acordo com Pereira (2018), o ideal é que a leitura de cocho seja realizada no período da manhã, antes do primeiro trato, e que as sobras contidas no cocho variem em um escore de 2 a 3.

A pontuação utilizada na leitura de cocho, bem como o percentual de sobras que presentes, estão representados na tabela 1.

Tabela 1 - Escore de cocho para vacas leiteiras

Pontuação	Percentual de sobras
0	Sem alimento no cocho
1	Até 2,5% de sobra
2	De 2,5% a 5% de sobra
3	De 5% a 10% de sobra
4	Acima de 10% de sobra
5	Alimento intacto

Fonte: PEREIRA, 2018.

Ressaltada a importância do monitoramento da dieta dos animais em lactação para garantia de um consumo adequado, White e Capper (2014) observaram outro fator que pode contribuir para a nutrição de precisão: a frequência de formulação das dietas. Em seu estudo, determinaram que a produção de leite pode ser aumentada em até 182 kg de leite/vaca/lactação, caso as dietas sejam formuladas e reajustadas semanalmente. Além disso, ressaltam que a frequência de formulação de dietas de forma sazonal, que é aquela realizada em intervalos de maiores de tempo, como a cada 6 ou 12 meses, não é adequada, já que não atende com exatidão os requerimentos nutricionais dos animais. Apesar disso, a recomendação dos autores é que as dietas sejam formuladas mensalmente, visto que atendem as exigências dos animais com maior acurácia e se encaixam de forma melhor a logística de propriedade.

Maltz et al. (2013), trabalharam com nutrição de precisão para vacas a partir do 21º dia pós-parto, onde avaliaram dietas formuladas semanalmente utilizando o balanço energético como parâmetro para determinar a suplementação adicional de

concentrado, com animais alojados individualmente. Observaram que a nutrição de precisão garantiu maior CMS, melhor eficiência alimentar e maior produção de leite em comparação à uma única TMR para todos os animais. O resultado superior para produção leiteira, provavelmente se deve ao fato de que as vacas tiveram uma ingestão calórica maior logo após o parto, e esse fator combinado com a alocação individual dos nutrientes fracionados a partir do balanço energético, garantiu um aumento de 3,3 kg/leite/dia. No entanto, uma implicação deste estudo, é que os animais mantiveram o consumo individual dos alimentos durante o período experimental, o que dificulta a logística das propriedades, já que muitas vezes se torna inviável a alocação de comedouros individuais.

Em alternativa a isto, pode-se utilizar a formação dos lotes de animais de acordo com as fases produtivas, já que equaliza o sistema de produção, garantindo que animais com exigências nutricionais semelhantes, recebam dietas semelhantes. É sugerido que sejam formados pelo menos três grupos diferentes, sendo o primeiro correspondente à animais no início da lactação, o segundo por vacas no pico da lactação e o terceiro por animais que estão diminuindo a produção leiteira e vão entrar no período seco. No entanto, é possível a inclusão de mais um grupo de acordo com os objetivos da propriedade, sendo que o principal requisito é a formulação de TMR's para cada lote produtivo (CABRERA & KALANTARI, 2016).

Apesar da formação dos lotes auxiliar para o melhor dimensionamento nutricional, os aspectos individuais dos animais do grupo não são levados em consideração, mas são fatores que contribuem para a alocação de estratégias de alimentação nas propriedades. Desta forma, entender o comportamento individual dos animais, bem como o uso de tecnologias que permitam monitorar cada uma das vacas que constituem os lotes, auxilia o produtor durante a tomada de decisões (CECIM, 2018).

5.1.2 Comportamento ingestivo de vacas em lactação

Vacas leiteiras geralmente apresentam três fases distintas no decorrer da lactação, onde, a primeira fase é marcada por um aumento diário na produção de leite,

seguido do pico de lactação e por último ocorre uma redução gradativa na quantidade de leite produzido até o momento da secagem (MOLENTO et al., 2004).

As diferentes fases produtivas e fisiológicas que os animais se encontram, desencadeiam respostas comportamentais diferentes, principalmente quanto ao tempo dedicado às variáveis do comportamento ingestivo, que é entendido como a série de comportamentos de ingestão, ruminção e ócio bem como, o tempo dedicado para cada uma destas variáveis (COSTA et al., 2003).

Existem alguns mecanismos que atuam regulando o consumo dos ruminantes, como os fatores físicos da dieta, causando o efeito de enchimento ruminal; fatores fisiológicos, em que os requerimentos nutricionais são atingidos naquele momento e fatores psicogênicos, que estão relacionados, por exemplo, com a textura, odor e aparência visual do alimento em que os animais buscam o alimento de acordo com suas preferências (FERREIRA et al., 2013).

Desta forma, entender como as vacas se comportam nos distintos períodos da lactação, bem como os fatores que podem interferir no consumo e demais atividades, é importante para adequar o manejo nutricional dos animais (COSTA et al., 2003).

Geralmente, vacas de elevada produção leiteira apresentam maior consumo de alimentos e maior tempo de consumo, em relação aos animais de menor produção (SAVELA et al., 2019). Mas, independentemente da fase que se encontram, observa-se que o pico de consumo alimentar ocorre logo após o fornecimento da ração e, ao longo dos minutos que sucedem a chegada do animal ao cocho, o apetite é saciado e o consumo de alimentos diminui (BEAUCHEMIN, 2018).

Sendo assim, o tempo que os animais dedicam à alimentação é influenciado por fatores como a hierarquia social, a composição da dieta, a relação volumoso/concentrado, a qualidade dos volumosos, o pH do rúmen e o sistema de criação (BEAUCHEMIN, 2018; RODRIGUES et al., 2018; PELEGRINO, 2008; MENDONÇA et al., 2004).

Outro fator que pode alterar o tempo dedicado à alimentação e que age de forma expressiva sobre o comportamento ingestivo das vacas, são os distúrbios metabólicos e doenças. Por exemplo, vacas no início da lactação tem maior predisposição para quadros de cetose (BEAUCHEMIN, 2018; FACCO et al., 2014) e após

a fase inicial, apresentam chances para o aparecimento de acidose (NORO & NORO, 2015). A cetose é uma doença característica de vacas que estão em período de transição, o qual corresponde aos 21 dias que antecedem e sucedem o parto. Durante essa fase, ocorre uma queda no CMS juntamente com uma alta demanda energética para produção leiteira, caracterizando um momento de balanço energético negativo (BEN). Há, então, uma intensa mobilização de reservas de lipídios que resulta em um aumento exacerbado na concentração sanguínea de ácidos graxos não esterificados, onde se acumulam no fígado, diminuindo sua capacidade de processamento para esses metabólitos (NETO et al., 2011).

Já a acidose, é um distúrbio metabólico caracterizado pelo acúmulo de ácido láctico no rúmen, diminuindo o pH do meio a níveis críticos (4,0 – 6,4) e alterando a dinâmica populacional dos microrganismos que ali habitam. Ela é causada pela ingestão acidental de grande quantidade de alimentos ricos em carboidratos não estruturais, sendo o amido o principal responsável por esse evento. Durante esse distúrbio metabólico, há uma dificuldade de remoção desses ácidos orgânicos do rúmen e processamento pelo fígado, bem como, o tamponamento via saliva acaba sendo insuficiente para neutralização dos ácidos (NETO et al., 2011).

Os quadros de acidose interferem o padrão de consumo e, nesse caso, também, o tempo gasto com a ruminação. Diferentemente de vacas saudáveis, que apresentam um pico de consumo de alimentos logo após o fornecimento da ração, vacas com acidose apresentam o consumo flutuante ao longo das horas do dia. O tempo gasto com a ruminação diminui, concomitante ao fato de que, se o tempo de alimentação reduz, é esperado que a taxa de ruminação também diminua, afinal, há uma disponibilidade menor de alimento para ser ruminado (NORO & NORO, 2015). Segundo Facco et al. (2014) e Cecim (2018), quando os animais estão diante desses distúrbios, diminuem o tempo dedicado à alimentação e ruminação, e em consequência, aumentam o tempo dedicado ao ócio.

De acordo com Pelegrino (2008), as dietas com elevados teores de carboidratos solúveis, proporcionam níveis de pH mais ácido, podendo desenvolver os quadros de acidose e, ao mesmo tempo, reduzindo o CMS dos animais.

Em função da acidose, os bovinos desempenham um comportamento de seleção de alimentos afim de diminuir os efeitos desse distúrbio. Desta forma,

aumentam a preferência por partículas maiores, já que quando ingeridas, flutuam no líquido ruminal, estando disponíveis para serem regurgitadas, remastigadas, reumidecidas e redeglutidas, devolvendo ao rúmen partículas menores e adicionalmente, maiores quantidades de saliva que neutralizam os ácidos e aumentam o pH do rúmen (DeVRIES; DOHME; BEAUHEMIN, 2008).

O fato de que as características físicas afetam o tempo de ruminação é enfatizado por Fischer et al. (2002), que afirmam que as dietas com quantidade elevada de partículas maiores, possuem uma efetividade maior sobre a taxa de ruminação em comparação as dietas com partículas menores.

Em contrapartida aos estudos de Fischer et al. (2002), Rêgo et al. (2014) observaram que o tamanho de partículas pode não influenciar sobre o tempo gasto com ruminação. Isso porque, dietas com tamanho de partículas menores permitem maior CMS, onde a ruminação é realizada em proporção ao incremento de consumo dos alimentos.

O tamanho de partículas é de extrema importância para o caso de animais confinados, já que as dietas que recebem geralmente são constituídas por volumosos conservados, sob a forma de feno e silagem, que passam por processos mecânicos de redução de partículas e de acordo com Berchielli, Vaz, Oliveira (2011), a qualidade final destes alimentos pode variar durante o seu processamento e armazenamento.

Durante a fermentação da silagem, os carboidratos solúveis e proteínas das células vegetais são utilizados pelas bactérias lácticas, produzindo ácido láctico, que é responsável pela redução do pH e subsequente conservação do volumoso. Caso o processo fermentativo não ocorra de forma correta, haverá fermentação indesejável por atividade de bactérias do gênero *Clostridium*, que utilizam o ácido láctico para produção de ácido butírico e os aminoácidos para produção de amônia, sendo que estes metabólitos, dependendo de sua concentração, podem promover sabor e odor desagradável da silagem, fazendo com o que os animais reduzam o seu consumo (BERCHIELLI; VAZ; OLIVEIRA, 2011).

O tamanho de partículas exerce influência sob o comportamento ingestivo bovinos leiteiros confinados, que recebem a dieta no cocho. No entanto, de acordo com Rossarolla (2007), na produção de bovinos em pastejo, o consumo varia principalmente em função da disponibilidade e oferta de forragem, sendo que o padrão

de comportamento ingestivo é semelhante ao dos animais confinados, que segundo COSTA et al. (2003) dedicam o período diurno para consumo, o noturno para ruminação e as horas mais quentes do dia para ócio.

Diante disso, a oferta de forragem pode determinar o comportamento ingestivo dos ruminantes, ou seja, a quantidade de forragem disponibilizada à um animal em determinado período de tempo, influencia o tempo em que o animal utiliza para se alimentar, bem como, os tempos despendidos para ruminação e ócio. Assim, em condições de boa oferta de forragem, onde há uma boa disponibilidade de lâmina foliar para o consumo, o tempo dedicado ao pastejo é menor pois em cada bocado realizado pelo bovino, há a capacidade de uma maior apreensão de forragem e de MS. Já na condição contrária, os animais dedicam maior tempo ao pastejo, aumentando o número de bocados, pois a quantidade de forragem é escassa (ROSSAROLLA, 2007).

Em um dossel forrageiro com boa disponibilidade de forragem, os animais buscam consumir em maior quantidade a lâmina foliar das pastagens. Já com a reduzida oferta forrageira, é reduzida relação folha:colmo os bovinos apresentam maior dificuldade em apreender o alimento aumentando o tempo destinado ao pastejo, buscando um efeito compensatório. Ao mesmo tempo, consomem uma menor proporção de lâminas foliares e uma maior proporção de colmos, que reduz não apenas a quantidade de alimento ingerido, mas também, a sua qualidade (MENDES et al., 2013; ROSSAROLLA, 2007).

De acordo com Krolow et al. (2014), à medida que a qualidade da fibra diminui, a digestibilidade da forragem reduz e com isso, o tempo destinado à ruminação aumenta, prejudicando o tempo gasto com alimentação pelo animal.

Uma alternativa que busca melhorar a qualidade da dieta de bovinos a pasto em função do menor nível nutricional das forragens, é o uso da suplementação concentrada. Ao utilizar esta estratégia, é possível aumentar o CMS dos animais em proporção ao nível de inclusão de concentrado na dieta, pois existe um efeito associativo do consumo de suplemento e forragem, em que o animal consome as quantidades desejadas de cada um destes alimentos. No entanto, ao adotar este manejo nutricional, ao invés de ocorrer o efeito associativo, pode ocorrer um efeito substitutivo, em que os animais optam pelo consumo do concentrado, diminuindo o consumo de forragem (MENDES et al., 2013).

O comportamento ingestivo é avaliado por observadores treinados, mas geralmente esse método de avaliação é empregado para fins de pesquisa, não sendo adotado dentro das propriedades. De acordo com Stygar et al. (2021) dispositivos que identificam mudanças repentinas na atividade das vacas, diminuem a subjetividade e aumentam a objetividade da análise, podem ser empregados dentro das propriedades para monitoramento dos animais. Esta análise precisa tem um impacto positivo sobre o gerenciamento da fazenda, já que permite ao produtor ter um processamento permanente dos dados dos animais, auxiliando-o na tomada de decisões.

5.2 Tecnologias disponíveis para auxiliar a nutrição de precisão

A pecuária leiteira de precisão, está diretamente relacionada com o uso de tecnologias que permitem tornar o processo de coleta de dados mais fácil e rápido, entregando ao produtor resultados rápidos e de fácil análise. Os sistemas de monitoramento dos animais via sensores têm como objetivo, identificar e mensurar indicadores produtivos, comportamentais e fisiológicos (MONTEIRO NOVO et al., 2016).

A nutrição de precisão faz parte da pecuária leiteira de precisão e através dela é almejado melhorar o manejo nutricional dos bovinos, evitando desperdícios de ingredientes para formulação de dietas, ao mesmo tempo que atende com exatidão todos os requerimentos nutricionais dos animais (DAS GRAÇAS, 2021).

Desta forma, o princípio dessas tecnologias deve se basear no comportamento dos animais, e assim, desenvolvidas e/ou aprimoradas a fim de prestar auxílio aos proprietários das fazendas leiteiras. Os sensores que medem a temperatura corporal, o comportamento alimentar, as taxas de ruminação e ócio ou sistemas automatizados de pesagem dos animais e da ração, o uso da Espectroscopia no infravermelho próximo (MONTEIRO NOVO et al., 2016) até como, tecnologias mais simples como o separador de partículas Penn State (BEZERRA et al., 2002), são exemplos equipamentos que podem ser utilizados dentro da pecuária de precisão.

5.2.1 Sensores acelerômetros

Os padrões de atividade de bovinos leiteiros como ruminção e alimentação estão diretamente relacionados com a saúde e produtividade dos rebanhos leiteiros. Além disso, entender o comportamento das vacas permite compreender a sua fisiologia nutricional e as possíveis anormalidades que podem comprometer o desempenho produtivo do plantel (BIKKER et al., 2014).

O uso de sensores possibilita avaliar o comportamento individual das vacas, estabelecendo seus parâmetros de atividade. Variáveis como frequência cardíaca, respiratória e consumo de alimento podem ser avaliadas de forma contínua, gerando dados em tempo real. Quando os dados são processados, podem ser enviados à celulares, tablets e computadores pois os sensores apresentam conectividade com os mesmos (NEETHIRAJAN, 2020).

Os acelerômetros são dispositivos com a capacidade de medir a aceleração de movimentos em três dimensões. Eles capturam os padrões de comportamento do animal, onde a alternância dos mesmos é identificada como alteração no bem estar ou fisiologia dos animais. Os dados são registrados na forma de um gráfico, que identificam quando o equipamento está em inércia, ou sofre algum tipo de movimentação. Quando o animal movimenta sua cabeça, para o caso de acelerômetros na forma de colar ou brinco, a intensidade e o ângulo do movimento é representado em função do tempo, e através disso, é possível identificar os comportamentos de alimentação, ruminção e ócio (NASCIMENTO et al., 2018).

O tempo que o bovino gasta com a ruminção possui relação com a sua saúde, sendo que quando há uma mudança repentina desta atividade o animal pode estar passando por algum tipo de desafio metabólico, ou também doença, que pode acarretar em redução no consumo de alimentos, no potencial produtivo e prejuízos econômicos (CECIM, 2018).

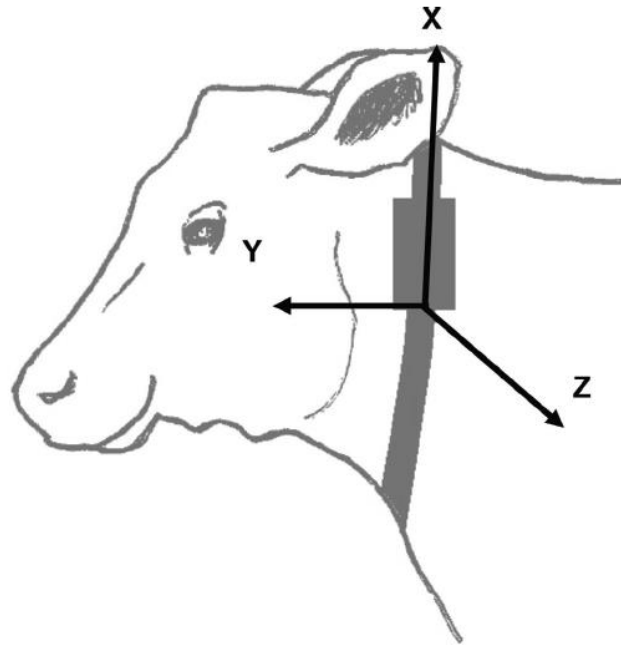
Os acelerômetros na forma de coleira são presos ao pescoço da vaca e a aceleração do eixo X é identificado como movimento vertical. Já movimentos horizontais e laterais da cabeça, provocam aceleração ao longo dos eixos Y e Z, respectivamente. Estes sensores também podem ser utilizados presos às pernas dos animais e neste caso, quando os animais estão deitados e em pé há aceleração

sucessivamente, dos eixos X e Y. Quando estão deitados lateralmente há aceleração do eixo Z. A frequência com que as amostragens são realizadas é predeterminada pelos fabricantes, mas podem variar de 1 a 100 HZ, ou seja, em uma frequência de 1 Hz é realizado uma amostragem por segundo em cada um dos eixos do acelerômetro e em uma frequência de 100 HZ, são realizadas 100 amostras por segundo, e assim, respectivamente, para cada frequência estabelecida (HENDRIKS et al., 2020).

São várias as marcas comerciais disponíveis, como por exemplo SmartBow e RumiWatch Hoch GmbH (PEREIRA et al. 2020); Smartbow (REITER et al. 2018), CowManager CowManager SensOor, Agis Automatisering BV (PEREIRA, HEINS, ENDRES, 2018) e que foram estudadas. No entanto, é necessário um processo de validação dos sensores, para que possam ser utilizados em propriedades e desta forma, os dados obtidos pelo sensor são comparados com dados de observação visual direta ou gravações de vídeo.

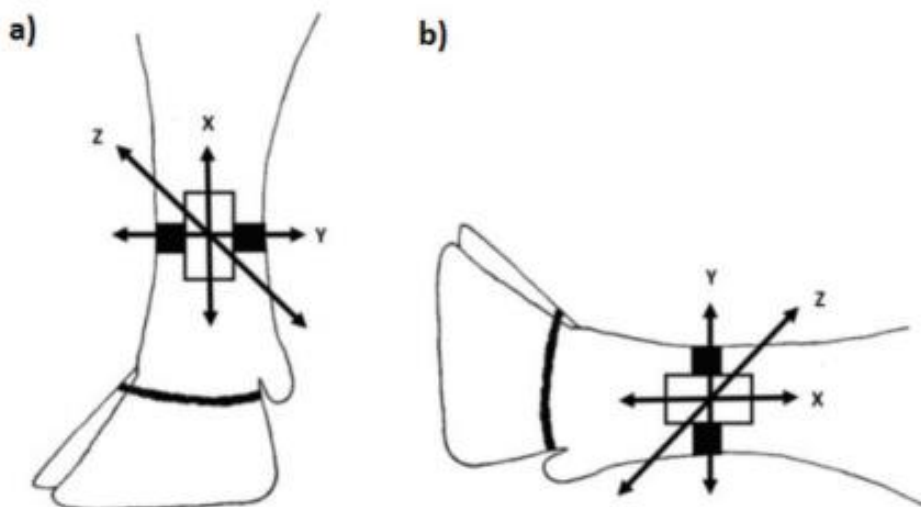
Os processos de validação garantem que os dados gerados sejam confiáveis. A seguir serão descritos os processos de validação dos sensores disponíveis comercialmente, afim de identificar quais seriam as tecnologias que podem ser utilizadas em propriedades e centro de pesquisas, visto que esse é o ponto trabalhado pela literatura científica atual.

Figura 1 - posição do acelerômetro no pescoço da vaca, ilustração dos eixos X, Y e Z com o animal em pé.



Fonte: HENDRIKS et al. (2020)

Figura 2 - posição do acelerômetro no membro posterior, ilustração dos eixos X, Y e Z nas posições em pé (a) e deitado (b).



Fonte:HENDRIKS et al. (2020)

Reiter et al. (2018), validaram a utilização do sistema Smartbow, que consiste em brincos com sensores, com frequência de 10 Hz a partir de análises de vídeo e observação visual direta. A taxa de ruminação e os ciclos de mastigação detectados pelos sensores, apresentaram correlação ($> 0,99$) com os dados de observação de vídeo. Os dados de observação visual direta quando comparados aos dados do sistema, foram considerados excelentes para detectar o tempo de ruminação, os ciclos de mastigação e os episódios de ruminação, sendo considerado pelo autor um sistema eficiente.

Pereira et al. (2020) utilizaram o sensor comercial SmartBow para vacas em pastejo em dois experimentos. Para validação dos comportamentos de animais nesse sistema, utilizaram o sensor RumiWatch (RumiWatch Itin e Hoch GmbH) acoplado a um cabresto, que coletava os dados em frequência de 10 Hz. No primeiro experimento, o sensor de cabresto registrou um tempo diário de pastejo 3,5 pontos percentuais maiores que o sensor auricular (37% vs. 40,5%). Já no segundo experimento, o tempo de pastejo marcado pelo brinco (35,4%) e pelo cabresto (36,9%) foram semelhantes, onde o processo de validação obteve êxito.

Pereira, Heins, Endres (2018) testaram sensores acelerômetros comerciais da marca CowManager (CowManager SensOor, Agis Automatisering BV), para identificar os comportamentos de ruminação, alimentação, ócio e atividade em vacas leiteiras em pastejo, e validaram o sistema, já que os tempos para ruminação e consumo de alimentos foram semelhantes para observação visual direta e sensores. No entanto, o tempo que a vaca estava em ócio foi menor para o sensor (7,9%) e maior para a observação visual direta (17,4%) e o comportamento ativo das vacas foi maior para os sensores (21,1%) do que para observação visual direta (11,9%), indicando necessidade de maior calibração do equipamento.

Bikker et al. (2014), avaliaram os sensores CowManager para registrar os comportamentos de ruminação, alimentação, descanso e atividade em vacas em lactação, validando os dados através da observação visual. As análises de ruminação registrados pelo sensor corresponderam a 42,6% do tempo e pela observação visual 42,1%. No entanto, o período de alimentação foi superestimado pelo sensor que apresentou 2,9 pontos percentuais maiores de tempo do que a visualização direta

(15,9 vs. 13,0). Apesar disso, os autores consideraram que o sistema é suficientemente seguro para acompanhamento do período de alimentação e ruminação dos animais.

Borcher et al. (2016) usaram o sensor CowManager para avaliar o tempo de alimentação e ruminação, o sensor Track A Cow para avaliar o tempo de alimentação e o sensor Smartbow para avaliar o tempo de ruminação para vacas em pastejo, comparando os dados com observação visual direta. O tempo de alimentação do sistema CowManager e Track A Cow, apresentaram correlação de 0,82 e 0,79, respectivamente, sendo considerada alta. No entanto, o tempo para ruminação do sistema Smartbow apresentou uma correlação com a observação visual de 0,96 enquanto o da CowManager 0,59.

Reynolds et al. (2019) utilizaram a tecnologia CowManager para avaliar o comportamento de novilhas de diferentes idades divididas em dois grupos; o grupo 1 correspondia à animais recém desmamados ($2,0 \pm 2,7$ meses) e o grupo 2 correspondia às novilhas já púberes e prenhas ($17 \pm 1,3$ meses). O tempo de alimentação registrado pelos sensores e visualizado pelos observadores foi altamente correlacionado (0,72), diferentemente do que ocorreu com o tempo de ruminação que mostrou correlação moderada (0,59). Além disso, não foi observado efeito da idade, grupo ou hora do dia sobre o tempo de ruminação das novilhas, o que indica que o brinco pode ser utilizado de forma confiável para animais dessa idade, independente da dieta e local que estejam alojadas.

Sensores baseados nas atividades de ingestão de alimentos e ruminação possibilitam análises precisas, que podem ser utilizadas para ajustes na formulação e fornecimento da dieta, otimizando os requerimentos nutricionais dos lotes (TOMICH et al., 2015). Além disso, equipamentos que possam melhorar o processo de amostragem e análise dos ingredientes que chegam às propriedades, permitem determinar o real valor nutritivo, aumentando a acurácia durante a formulação das dietas no dia-a-dia (FONTANELLI et al., 2002).

5.2.2 Espectroscopia no infravermelho próximo (*Near Infrared Spectroscopy – NIRS*)

Como visto anteriormente existe variabilidade nutritiva para as dietas formuladas e fornecidas e segundo das Graças (2021), a análise frequente dos ingredientes garantem maior precisão das dietas, bem como saúde do rebanho e lucratividade.

O NIRS (*Nears Infrared Spectroscopy*) é um dispositivo eletrônico que utiliza a energia de fótons em um comprimento de onda de 750 a 2500 nanômetros (nm) e sua interação com a matéria, para determinar as características da amostra. A onda eletromagnética ao incidir com a amostra a ser analisada, é parcialmente absorvida pelas ligações covalentes das moléculas. Quando não é absorvida é refletida, analisada e quantificada pelo equipamento (RECH & WERNER, 2020).

É possível utilizar o NIRS para avaliar as características nutricionais dos alimentos, uma vez que os componentes orgânicos possuem características próprias de absorção. Quando a onda eletromagnética atinge o alimento a ser analisado, ocorrem vibrações das ligações hidrogenadas e a partir da energia absorvida consegue-se estimar o número e o tipo de ligações moleculares (RECH & WERNER, 2020).

Figura 3 - espectrofotômetro de infravermelho próximo.



Fonte: RECH & WERNER (2020)

O NIRS pode ser usado para determinação das propriedades químico-bromatológica da silagem de milho, palma forrageira, teores de PB do capim braquiária, teores de PB e MS do milho moído e também, para o desenvolvimento de modelos para predição de CMS e matéria orgânica (MO), matéria orgânica digestível e digestibilidade aparente dos alimentos (RECH & WERNER, 2020). Além disso, o NIRS permite que as amostras a serem analisadas não sejam destruídas, dispensa o uso de reagentes e possui um tempo de análise muito curto (FERNANDES, 2015).

Neto, Simeone e Guimarães (2012) avaliaram amostras de capim braquiária, constituídas por planta inteira, lâmina foliar, colmo e material morto, por dois anos consecutivos. O objetivo foi determinar o teor de PB pelo método de Dumas (teor de N total da amostra x 6,25) e desenvolver um modelo de calibração do equipamento BUCHI, modelo NIRFlex (Buchi Labortechnik, Flawil, Switzerland). As médias para PB para o método referência e o NIRS, são sucessivamente 7,75% e 7,90% de PB e a

amplitude de variação indicou valores semelhantes 1,81 – 14,94% (referência) e 1,85 – 14,39% (NIRS), considerando o método seguro para análises de proteína.

Ao utilizarem o método da reflectância no infravermelho proximal para análise de silagem de milho, Fontaneli et al. (2002) relataram que o NIRS possui elevada acurácia para as análises bromatológicas de MS, FDN, FDA e PB, mas, que mais estudos devem ser realizados para estimar os valores de minerais.

Segundo Fernandes (2015), o NIRS pode ser utilizado para determinar os valores de MS, MM, PB e EE para vagens de algaroba e também FDN e Hemicelulose (HEM) para palma forrageira. No entanto, o autor ressalta a importância de uma calibragem frequente do equipamento, porque novas variedades de alimentos são produzidas, o que muda sua constituição química ao longo do tempo, o que pode tornar o banco de dados obsoleto.

Além de poder estimar o teor de nutrientes das dietas e sobras, o NIRS também pode ser usado para estimativa dos nutrientes das fezes e, com isso, é possível avaliar a digestibilidade dos alimentos (ALMEIDA et al., 2018).

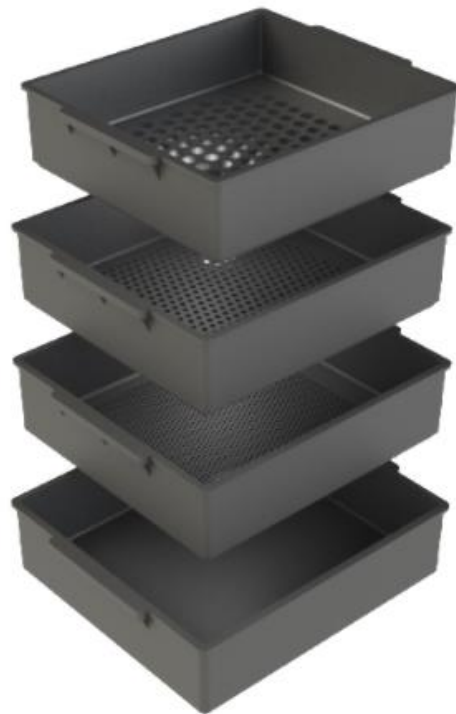
O NIRS permite uma análise mais simples e prática comparada aos demais métodos, de forma que a estimativa da qualidade nutricional pode ser realizada em uma frequência maior, permitindo ajustes mais precisos nas dietas, tanto de animais confinados quanto de animais em pastejo. No entanto, os aspectos físicos da dieta também influenciam a ingestão de alimentos e dependem de outros tipos de tecnologias para serem avaliados (GONÇALVES et al., 2018).

5.2.3 Separador de Partículas Penn State (*Penn State Particle Separator*)

Sabe-se que animais de alta produção e de elevado CMS necessitam de elevadas quantidades de concentrado na dieta para alcançar o requerimento nutricional, porém, tratando-se de ruminantes, a efetividade de fibra também é um fator importante, já que garante manutenção do pH ruminal. No entanto, existe uma certa dificuldade em estabelecer as proporções dos diferentes tamanhos de partículas que permitam adequado condicionamento ruminal e mantenham os níveis desejados de produção (BEZERRA et al., 2002).

O Penn State Particle Separator (PSPS) é um método de análise para determinar a distribuição das partículas das rações. Ele possui três peneiras e um fundo, onde a distribuição das partículas nos diferentes crivos é relacionada com o acondicionamento desses elementos no líquido ruminal. As peneiras possuem o diâmetro de 19,0 (superior), 8,0 (intermediária) e 1,18mm ou 4,0mm (inferior) e um fundo fechado (KONONOFF; HEINRICHS; BUCKMASTER, 2003; FARIA, 2019).

Figura 4 - Separador de partículas Penn State.



Fonte: JFMáquinas

As partículas retidas no crivo de 19mm, são aquelas que flutuam no rúmen e são disponibilizadas para ruminação, sendo de extrema importância para manutenção do pH ruminal; já aquelas que ficam na peneira de 8mm estariam dispersas no emaranhado de partículas que compõe o líquido ruminal, podendo também estimular a ruminação. No entanto, partículas retidas à 1,18mm ou 4,0mm são aquelas rapidamente atacadas pelos microrganismos, sendo considerada mais digestíveis

(HEINRICHS & JONES, 2013). Dessa forma, o tamanho de partículas vai influenciar na taxa de passagem dos alimentos pelo rúmen (SAENZ, 2005).

Para coleta do material a ser analisado, é recomendado uma boa representatividade e dessa forma, um número maior de subamostras é desejável. Nos silos, a coleta de silagem geralmente se dá na forma de “W” e para TMR a amostragem ocorre ao longo do cocho, com uma distância de três metros de um ponto de coleta para o outro. Em seguida as subamostras são dispostas em uma superfície plana e homogeneizadas e seguem para o equipamento (BARRETA, 2020).

Para silagem de milho as recomendações de acordo com Heinrichs & Jones (2013), é uma retenção de 3 – 8% (peneira superior), 45 – 65% (peneira do meio), 20 – 30% (peneira inferior) e menor que 10% no fundo. Já para TMR, é esperado uma retenção de 2 a 8%, 30 a 50%, 10 a 20% e 30 a 40% na ordem das peneiras que constituem o equipamento. Sendo que a alta porcentagem de alimento que é acumulada no fundo da peneira, é reflexo dos ingredientes farelados que constituem a dieta.

Dietas com tamanhos menores de partícula tem uma passagem mais acelerada pelo ambiente ruminal, podendo interferir negativamente sobre a digestibilidade da fibra. Já para as dietas com partículas de maior comprimento, a velocidade do trânsito da digesta tende a ser reduzida, o que pode limitar o CMS das vacas, dificultando a expressão do potencial produtivo (SAENZ, 2005).

De acordo com Monteiro Filha (2007), o processamento dos volumosos para redução do tamanho de partículas pode não interferir sobre o comportamento ingestivo dos animais. No entanto, é observado que o efeito da diminuição das partículas pode incrementar a produção leiteira. Além disso, o separador de partículas permite avaliar a uniformidade do consumo da ração, a partir da diferença encontrada entre a quantidade de alimento fornecido e as sobras deixadas no cocho, sendo que essa diferença deve variar entre 3 a 5% (FARIA, 2019).

O tempo de mistura dos ingredientes no vagão forrageiro é um dos fatores que contribuem para redução do tamanho dos volumosos ofertados, sendo que, à medida que se aumenta o tempo de mistura é esperado um maior fracionamento das partículas, tornando o monitoramento desta variável indispensável (LOPES, 2011). Desta forma, a análise do padrão de distribuição do tamanho de partículas, permite

auxiliar no processamento das dietas, buscando um bom desempenho produtivo e saúde dos animais (CORRASIN, 2004).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

São observadas variações entre as dietas formuladas, ofertadas e consumidas pelas vacas, onde o erro ocorre em diferentes fases e com diferentes magnitudes, podendo prejudicar o desempenho dos animais e exportar nutrientes para o meio ambiente. A busca por estratégias alimentares e formulações de dietas frequentes tem sido estudada a fim de proporcionar aos animais o atendimento das exigências com maior exatidão.

O comportamento ingestivo das vacas em lactação é reflexo principalmente do tipo de dieta que recebem, das características dos alimentos e dos desafios metabólicos enfrentados.

A alteração dos padrões comportamentais revela informações importantes sobre a saúde e desempenho dos animais e esses comportamentos podem ser identificados pelos sensores acelerômetros de forma rápida, permitindo intervenções precoces, desde que haja um conhecimento prévio sobre a fisiologia da vaca em lactação.

A Espectroscopia no Infravermelho Próximo concede ao produtor análises rápidas e acuradas dos lotes de ingredientes que chegam à fazenda, permitindo que as dietas sejam formuladas com maior exatidão, e também, com uma maior frequência.

O separador de partículas Penn State é uma ferramenta importante para o monitoramento, em aspectos físicos, dos volumosos ofertados para os bovinos, e pode ser usado de forma recorrente nas leiterias, garantindo adequadas proporções das diferentes frações dos volumosos e adequado consumo animal.

A literatura científica é carente de informações que associem as tecnologias de monitoramento individual citadas no trabalho, à nutrição de precisão. Apesar disso, esta revisão traz referências importantes sobre as tecnologias disponíveis para auxiliar os técnicos e produtores no manejo nutricional dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. T. C.; DELPHINO, T. R.; PASCHOALOTO, J. R.; CARVALHO, V. B.; PEREZ, H. L.; D'AUREA, E. M. O.; D'AUREA, A. P.; HOMEM JUNIOR, A. C.; FAVARO, V. R.; EZEQUIEL, J. M. B. Predições da espectroscopia no infravermelho próximo podem determinar a digestibilidade e o consumo alimentar de cordeiros confinados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.70, n.2, p.597-605, 2018.
- BARRETA, D. A. Tamanho médio de partícula da dieta: determinação, interpretação e efeitos para vacas leiteiras. **Revista Acadêmica Ciência Animal**. 2020.
- BECUCHEMIN, K. A. Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 101, n.6, p.4762-4784, 2018.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, p.100-106, 2011.
- BERCKMANS, Daniel. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. **Revue scientifique et technique. Off. int. Epiz**. v.33, n.1, p. 189-196, 2014.
- BERTO, J. L.; BERTO, J. L. Estimativa do saldo anual de N em sistemas de criação de vacas leiteiras no Oeste de Santa Catarina. **Ciência Rural**. v.37, n.2, p.599-603, 2007.
- BEZERRA, E. S.; QUEIROZ, A. C.; MALDONADO, F.; PEREIRA, J. C.; PAULINO, M. F. Efeito do Perfil Granulométrico das Partículas Dietéticas sobre Parâmetros de Desempenho de Vacas Leiteiras em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.3, p.1511-1520, 2002.
- BIKKER, J. P.; VAAN LAAR, H.; RUMP, P.; DOORENBOS, J.; VAN MEURS, K.; GRIFFIOEN, G. M.; DIJKSTRA, J. Technical note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. **Journal of Dairy Science**. Vol. 97, n. 5, p. 2974-2979, 2014.
- BOND, G. B.; ALMEIDA, R.; OSTRENSKY, A.; MOLENTO, C. F. M. Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros. **Ciência Rural**. v.42, n.7, p.1286-1293, jul, 2012.

BORCHERS, M. R.; CHANG, Y. M.; TSAI, I. C.; WADSWORTH, B. A.; BEWLEY, J. M. A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. **Journal of Dairy Science**. v. 99, n. 9, p. 7458-7466, 2016.

BRAMLEY, E.; LEAN, I. J.; FULKERSON, W. J.; STEVENSON, M. A.; RABIEE, A. R.; COSTA, N. D. The Definition of Acidosis in Dairy Herds Predominantly Fed on Pasture and Concentrates. **Journal of Dairy Science**. v.91, n.1, p.308-321.

CABRERA, V. E.; KALANTARI, A. S. Economics of production efficiency: Nutritional grouping of the lactating cow. **Journal of Dairy Science**. v.99, n.1, p.825-841, 2016.

CARNEIRO, Jorge Henrique. **Nutrição de precisão em dietas de vacas leiteiras de alta produção e seus impactos na produção e composição do leite**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

CARNEIRO, Jorge Henrique. **Nutrição de precisão em rebanhos leiteiros da Castrolanda**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Zootecnia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CECIM, M. Monitoramento remoto da saúde da vaca em transição. *In*: V Simpósio Nacional da VACA LEITEIRA. 2018, Porto alegre. **Anais**. Porto Alegre, 2018.

COOK, N. B.; NORDLUND, K. V.; OETZEL, G. R. Environmental Influences on Claw Horn Lesions Associated with Laminitis and Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. v.87, p.36-46, 2004.

COON, R. E.; DUFFIELD, T. F.; DeVRIES, T. J. Effect of straw particle size on the behavior, health, and production on early-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.101, n.7, p.6375-6387, 2018.

CORASSIN, C. H.; MACHADO, P. F.; COLDEBELLA, A.; CASSOLI, L. D.; SORIANO, S. Avaliação de ferramentas utilizadas no balanceamento de dietas completas para vacas em lactação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v.26, n.2, p.241-249, 2004.

COSTA, C. O.; FISCHER, V.; VETROMILLA, M. A. M.; MORENO, C. B.; FERREIRA, E. X. Comportamento Ingestivo de Vacas Jersey Confinadas durante a Fase Inicial da Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.2, p.418-424, 2003.

COSTA, J. H. C.; CANTOR, M. C.; NEAVE, H. W. Symposium review: precision for dairy calves and management applications. **Journal of Dairy Science**. v. 104, n. 1, p. 1203-1219, 2021.

DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, M. C.; TAKAHASHI, R. F.; BERTOLOZZI, M. R. Revisão sistemática: noções gerais. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**. v. 45, n. 5, p. 1260-1266, 2011.

DeVRIES, T. J.; DOHME, F.; BEAUCHEMIN, K. A. Repeated Ruminant Acidosis Challenges in Lactating Dairy Cows at High and Low Risk for Developing Acidosis: Feed Sorting. **Journal of Dairy Science**. v.91, n.10, p.3958-3967, 2008.

ENDRES, M. I. e ESPEJO, L. A. Feeding management and characteristics of rations for high-producing dairy cows in freestall herds. **Journal of Dairy Science**. v. 93, n. 2, p. 822-829, 2010.

FACCO, F. S.; SILVA, M. R. H.; VRISMAN, D. P.; STRUCHER, F.; COSTA, F. C. Métodos preventivos de desequilíbrios metabólicos em bovinos – hipocalcemia e cetose: revisão de literatura. **Nucleus Animalium**. v.6, n.1, p.7-22, 2014.

FARIA, Maria de Fátima Campos Gomes. **Avaliação da uniformidade do alimento completo em explorações leiteiras**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, 2019.

FERNANDES, A. M.; MELLO, B. L. B.; GLÓRIA, L. S.; OLIVEIRA, T. S.; CAMILO, M. G.; BAFFA, D. F.; BERNARDO, S. E. E.; CORDEIRO, C. C. Avaliação do modelo NRC para predição do consumo de matéria seca por vacas leiteiras manejadas em pastos tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 72, n.2, p. 379-386, 2020.

FERNANDES, Antônio Marcos Ferreira. **Uso da espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS) para previsão da composição bromatológica de vagens de algaroba e palma forrageira**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2015.

FERREIRA, S. F.; FREITAS NETO, M. D.; PEREIRA, M. L. R.; MELO, A. H. F.; OLIVEIRA, L. G.; NETO, J. T. N. Fatores que afetam o consumo alimentar de bovinos. **Arquivos de Pesquisa Animal**. v.2, n.1, p. 9-19, 2013.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A. G.; DUTILLEUL, P.; BOEVER, J. Padrões da Distribuição Nictemeral do Comportamento Ingestivo de Vacas Leiteiras, ao Início e ao Final da Lactação, Alimentadas com Dieta à Base de Silagem de Milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.5, p.2129-2138, 2002.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, Apostila.

FONTANELI, R. S.; DURR, J. W.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; HAUBER, F. BORTOLINI, F. Validação do Método da Reflectância no Infravermelho Proximal para Análise de Silagem de Milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.2, p.594-598, 2002.

GONÇALVES, J. L.; FERNANDES, A. M. F.; SOUSA, R.; SANTOS, S. F. Utilização do NIRS na determinação dos parâmetros de digestibilidade e consumo em ruminantes. **Nutri Time**. v.15, n.4, 2018.

GONZÁLES, L. A.; KYRIAZAKIS, I.; TEDESCHI, L. O. Review: Precision nutrition of ruminants: approaches, challenges and potential gains. **Animal**. v.12, sup. 2, 2018, p. 246 – 261, out. 2018.

GRAÇAS, Larissa Estefane Cruz das. **Espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo de fezes para predizer variáveis nutricionais de vacas leiteiras confinadas**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

GROHER, T.; HEITKÄMPER, K.; UMSTÄTTER, C. Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. **Animal**. v. 14, p. 2404-2413, 2020.

HEINRICH, J.; JONES, C. M. The Penn State Particle Separator. Disponível em: <<https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>>, Acesso em: 29 out. 2021.

HENDRIKS, S. J.; PHYN, C. V. C.; HUZZEY, J. M.; MUELLER, K. R.; TURNER, S-A.; DONAGHY, D. J.; ROCHE, J. R. *Graduate Student Literature Review: Evaluating the appropriate use of wearable accelerometer in research to monitor lying behavior of dairy cows*. **Journal of Dairy Science**. v. 103, n. 12, p. 12140-12157, 2020.

JF máquinas. Separador de partícula Penn State, disponível em: <https://www.lojajfmaquinas.com.br/produto/02.300144/kit-separador-de-particulas-nb>

KONONOFF, P. J.; HEINRICH, A. J.; BUCKMASTER, D. R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effects of Moisture Content on its Measurements. **Journal of Dairy Science**. v.86, n.5, p.1858-1863, 2003.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos Ruminantes**. 2ª ed, Santa Maria: UFSM, 2009. p. 20-24.

KROLOW, R. H.; SILVA, M. A.; PAIM, N. R.; MEDEIROS, R. B.; VELHO, I. M. P. H. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras em pastagem de azevém alimentadas com diferentes fontes proteicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.66, n.3, p.845-852, 2014.

LAZARINI, V. F.; GAI, V. F.; FAGUNDES, R. S. Composição bromatológica da dieta em relação ao tempo de batida. **Cultivando o Saber**. v.7, n.1, p.102-110, 2014.

LEONARDI, C.; ARMENTADNO, L. E. Effect of Quantity, Quality, and Length of Alfafa Hay on Selective Consumption by Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. v.86, n.2, p.557-564, 2003.

LIANG, S.; WU, C.; PENG, W.; LIU, Jian-Xin.; SUN, Hui-Zeng. Predicting Daily Dry Matter Intake Using Feed Intake of First Two Hours after Feeding in Mid and Late Lactation Dairy Cows with Fed Ration Three Times Per Day. **Animal**. v. 11, 2021.

LOPES, Ana Rita Martins Filipe. **Influência do processo de mistura na composição física e química do alimento único para vacas leiteiras**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Zootécnica) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

LUZ, G. B.; MATOS, R. F.; CARDOSO, J. B.; BRAUNER, C. C. Exigências nutricionais, cálculos de dieta e mensuração de sobras no manejo nutricional de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.25, ns.1/2, p. 16-31, 2019.

MALTZ, E.; BARBOSA, L. F.; BUENO, P.; SCAGION, L.; KANIYAMATTAM, K.; GRECO, L.F.; DeVRIES, A.; SANTOS, J. E. P. Effect of feeding according to energy balance on performance, nutrient excretion, and feeding behavior of early lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 96, n.8, p. 5249-5266, 2013.

MENDES, F. B. L.; SILVA, F. F.; SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P.; CARDOSO, E. O.; NETO, A. L. R.; OLIVEIRA, J. S.; COSTA, L. T.; JÚNIOR, H. A. S.; PINHEIRO, A. A. Avaliação do comportamento ingestivo de vacas leiteiras em pastejo de *Brachiaria brizantha* recebendo diferentes teores de concentrado. **Semina: Ciências Agrárias**. v.34, n.6, p.2977-2990, 2013.

MENDONÇA, S. S.; CAMPOS, J. M. S. FILHO, S. C. V.; VALADARES, R. F. D.; SOARES, C. A.; LANA, R. P.; QUEIROZ, A. C.; ASSIS, A. J.; PEREIRA, M. L. A. Consumo, Digestibilidade Aparente, Produção e Composição do Leite e Variáveis Ruminais em Vacas Leiteiras Alimentadas com Dietas à Base de Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.2, p.481-492, 2004.

MENDONÇA, S. S.; CAMPOS, J. M. S.; FILHO, S. C. V. F.; VALADARES, R. F. D.; SOARES, C. A.; LANA, R. P.; QUEIROZ, A. C.; ASSIS, A. J.; PEREIRA, M. L. A. Comportamento Ingestivo de Vacas Leiteiras Alimentadas com Dietas à Base de Cana-de-açúcar ou Silagem de Milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.3, p.723-728, 2004.

MOLENTO, C. F. M.; MONARDES, H.; RIBAS, N. P.; BLOCK, E. Curvas de lactação de vacas holandesas do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência Rural**. v.34, n.5, p.1585-1591, 2014.

MONTEIRO FILHA, Ede Gambini. **Tamanho de partículas da silagem de milho no comportamento ingestivo e produção de bovinos leiteiros**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade José do Rosário Vellano, 2007.

NÄÄS, I. A. Uso de técnicas de precisão na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, p.358-364, 2011.

NASCIMENTO, G. V.; CARDOSO, E. A.; BATISTA, N. L. SOUZA, B. B.; CAMBUÍ, G. B. Comportamento ingestivo de vacas mestiças (holandês/zebu) sob regime de pastejo rotacionado em *brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**. v.1, n.2, p.31-36, 2013.

NASCIMENTO, P. L.; CASANOVA, P. T.; MARIN, L.; VICARI, T.; BOLZAN, C. S.; MOMBELLI, J. V. P.; CONCEIÇÃO, R. S.; QUADROS, F. L. F. Uso de acelerômetro para identificar padrões de movimentos mandibulares no comportamento ingestivo de bovinos em pastejo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 28., 2018, Goiânia. **Anais**. Santa Maria, 2018.

NASROLLAHI, S. M.; IMANI, M.; ZEBELI, Q. A meta-analysis and meta-regression of the effect of forage particle size, level, source, and preservation method on feed intake, nutrient digestibility, and performance in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.98, n.12, p.8926-8939, 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, p. 37, 2001.

NEETHIRAJAN, S. Transforming the Adaptation Physiology of Farm Animals through Sensors. **Animal**, v.10, n. 9, p. 1-24, 2020.

NETO, A. C.; SILVA, J. F. C.; DEMINICIS, B. B.; FERNANDES, A. M.; JARDIM, J. G.; AMORIM, M. M.; GUIMARÃES FILHO, C. C. Problemas metabólicos provenientes do manejo nutricional incorreto em vacas leiteiras de alta produção recém paridas. **Revista eletrônica de Veterinária**. v.12, n.11, 2011.

NETO, José Thiago das Neves. **Fibra para vacas leiteiras: conceitos, consumo e exigências**. Revisão de literatura (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, 2011.

NETO, M. M. G.; SIMEONE, M. L. F.; Guimarães, C. C. **Predição do teor de proteína bruta em biomassa de capins braquiária por meio de espectroscopia NIR**. Comunicado técnico n.205, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012.

NORO, M.; NORO, G. Acidose ruminal subaguda: Monitoramento e prevenção nos rebanhos leiteiros. *In*: II SIMPÓSIO NACIONAL DA VACA LEITEIRA, 2., 2015, Porto Alegre, **Anais**. 2015.

OH, J.; HARPER, M.; HRISTOV, A. N. Effects of lowering crude protein supply alone or in a combination with essential oils on productivity, rumen function and nutrient utilization in dairy cows. **Animal**. v.13, ed.11, p.2510-2518, 2019.

PAIVA, V. R.; LANA, R. P.; OLIVEIRA, A. S.; LEÃO, M. I.; TEIXEIRA, R. M. A. Teores proteicos em dietas para vacas Holandesas leiteiras em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 65, n.4, p.1183-1191, 2013.

PELEGRINO, Stela Gomes. **Parâmetros ruminiais em vaca de alta produção leiteira alimentadas com dieta total**. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

PEREIRA, Bianca de Moraes. **Nutrição e manejo de vacas leiteiras**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

PEREIRA, E. S.; ARRUDA, A. M. V.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F. Consumo voluntário em ruminantes. **Semina: Ciências agrárias**, Londrina, v.24, n.1, p. 191-196, jan/jun, 2003.

PEREIRA, G. M.; HEINS, B. J.; ENDRES, M. I. *Technical note*: Validation of an ear-tag accelerometer sensor to determine rumination, eating, and activity behaviors of grazing dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v. 101, n. 3, p.2492-2495, 2018.

PEREIRA, G. M.; HEINS, B. J.; O'BRIEN, B.; McDONAGH, A.; LIDAUER, L.; KICKINGER, F. Validation of an ear tag-based accelerometer system for detecting grazing behavior of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 103, n. 4, p.3529-3544, 2020.

PLAIZIER, J. C.; DANESH MESGARAN, M.; DERAKHSHANI, H.; GOLDBERGER, H.; KHAFIPOUR, E.; KLEEN, J. L.; LEAN, I.; LOOR, J.; PENNER, G.; ZEBELI, Q. Review: Enhancing gastrointestinal health in dairy cows. **Animal**. v.12, n.2, p.399-418, 2018.

Produção Pecuária Municipal, Rio de Janeiro: IBGE, v.47, 2019.

RECH, A. F.; WERNER, S. S.; Utilização da tecnologia NIRS para predição dos valores nutricionais de forrageiras. **Agropecuária Catarinense**. v.33, n.1, p.11-14, 2020.

RÊGP, A. C.; OLIVEIRA, M. D. S.; SIGNORETTI, R. D.; DIB, V.; ALMEIDA, G. B. S. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho ou milho. **Bioscience Journal**. v.30, n.4, p.1149-1157, 2014.

REITER, S.; SATTLECKER, G.; LIDAUER, L.; ÖHLSCHUSTER, M.; AUER, W.; SCHEWINZER, V.; KLEI-JÖBSTL, D.; DRILLICH, M.; IWERSEN, M. Evaluation of an ear-tag-based accelerometer for monitoring rumination in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 101, n.4, p. 3398-3411, 2018.

REYNOLDS, M. A.; BORCHERS, M. R.; DAVIDSON, J. A.; BRADLEY, C. M.; BEWLEY, J. M. Technical note: An evaluation of technology-recorded rumination and feeding behaviors in dairy heifers. **Journal of Dairy Science**. Vol. 107, n. 7, p. 6555-6558, 2019.

RODRIGUES, M. S.; LOURENÇO, J. L. F.; OLIVEIRA, L. M.; MAIA, M. S.; SANTOS, R. T.; PAIM, T. P.; CARVALHO, E. R. Estratégias de alimentação e manejo utilizadas para minimizar o consumo seletivo de bovinos de leite e corte. **Multidisciplinary Reviews**. 2018.

ROSSAROLLA, Grasiela. **Comportamento de vacas leiteiras da raça holandesa, em pastagem de milho com e sem sombra**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SAENZ, A. A. C. Modelagem da redução do tamanho de partículas na alimentação de ruminantes. **Ciência e agrotecnologia**. v.29, n.4, p.886-893, 2005.

SAVELA, M. F. B.; DEMARCO, C. F.; OLLÉ, M. A.; BARBOSA, A. A.; OLIVEIRA, L.; BRAUNER, C. C. Influência do comportamento alimentar sobre a produção de leite em vacas leiteiras confinadas em sistema *compost barn*. In: V INTEGRADA UFPEL, 5., 2019, Porto Alegre, **Anais**. 2019.

SILVA-DeI-RÍO, N.; CASTILLO, A. R. **Degree of agreement between the ration formulated and the ration fed on seven California dairies**. Veterinary Medicine Teaching and Research Center - University of California, 2012.

SOUSA, A.; OLIVEIRA, G. S. de O.; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e Fundamentos. **Cadernos da Fucamp**, v.20, n.43, p.64-83, 2021.
SOVA, A. D.; LeBLANC, S. J.; McBRIDE, B. W.; DeVRIES, T. J. Accuracy and precision of total mixed rations fed on commercial dairy farms. **Journal of Dairy Science**. v. 97, n.1, p.562-571, 2014.

STYGAR, A. H.; GÓMEZ, Y.; BERTESELLI, G. V.; DALLA COSTA, E. CANALI, E.; NIEMI, J. K.; LLONH, P.; PASTELL, M. A. Systematic review on commercially available and validated sensor Technologies for welfare assessment of dairy cattle. **Frontiers in Veterinary Science**. v. 8, p.1 – 15, 2021.

TEDESCHI, L. O.; GREENWOOD, P. L.; HALACHMI, Ilan. Advancements in sensor technology and decision support intelligent tools to assist smart livestock farming. **Journal of Animal Science**. v.99, n.2, p.1-11, 2021.

TOMICH, T. R.; MACHADO, F. S.; PEREIRA, L. G. R.; CAMPOS, M. M. Nutrição de precisão na pecuária leiteira. *In*: MARTINS, N. R. S (Edi.). **Zootecnia de Precisão em Bovinocultura de Leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2015. p.54-70.

VASCONCELOS, A. M.; LEÃO, M. I.; FILHO, S. de. C. V.; VALADARES, R. F. D.; DIAS, M.; MORAIS, D. A. E. F. Parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção microbiana de vacas leiteiras alimentadas com soja e seus subprodutos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.2, p.425-433, 2010.

VIEIRA, Flávio Júnior Gonçalves. **Fatores que afetam o consumo de matéria seca de vacas leiteiras**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2017.

VILELA, Duarte et al (Edi.). **Pecuária de Leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa, 2016.

WHITE, R. R.; CAPPER, J. L. Precision diet formulation to improve performance and profitability across various climates: Modeling the implications of increasing the formulation frequency of dairy cattle diets. **Journal of Dairy Science**. v. 97, n.3, p. 1563-1577, 2014.

ZIECH, M. F.; OLIVO, C. J.; MEINERZ, G. R.; AGNOLIN, C. A.; SKONIESKI, F. Comportamento ingestivo de vacas em lactação em pastagem consorciada no período estival. **Ciência animal brasileira**. V.17, n.2, p.198-205, 2016.