CAPÍTULO 2

Fibra na nutrição de vacas leiteiras: atualizações e desafios

Daniel J. C. Vieira

https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-30-5.c2

1. Introdução

A fibra é a fração dos carboidratos da dieta de lenta degradação ou não degradável que exerce efeito de enchimento no trato gastrointestinal do animal. A fibra é frequentemente classificada por suas ligações covalentes, mas essa abordagem simples falha em capturar a complexa composição física e química da parede celular da planta. Para melhor entendimento, a fibra deve ser considerada uma macromolécula com organização em larga escala em vez de um composto feito de ligações químicas. Os polissacarídeos que estão associados a parede celular das plantas podem ou não estar ligados ao grupo éter inserido no núcleo lignificado. Estes carboidratos ligados ao núcleo lignificado serão parcialmente ou não serão degradados pelos microrganismos do rúmen e compõem a matriz primária da parede celular.

Hemicelulose, celulose e lignina compreendem os diferentes compostos polissacarídeos e polifenólicos na matriz da parede celular. A hemicelulose, diferente da celulose que é formada apenas por moléculas de glicose, é formada por glicose e por outros açucares solúveis que são formados pela fotossíntese. Por isso, a hemicelulose varia de acordo com as espécies de plantas e é uma fração heterogênea de polissacarídeos com ligações β-1,4 no polímero do núcleo com uma variedade de ligações glicosídicas que ligam os açúcares a sua espinha dorsal. A hemicelulose é mantida no lugar por ligações cruzadas com a lignina, constituindo a parede celular secundária, tornando-a insolúvel, a menos que seja deslignificada. A celulose, bem como a hemicelulose, contém ligações glicosídicas β1,4, que se ligam, até certo ponto, com a hemicelulose e a lignina na estrutura da parede celular da planta. A celulose é o principal constituinte da parede celular das plantas e o carboidrato mais abundante no mundo. No

entanto, ao mesmo tempo que constitui uma porção importante da parede celular, a sua concentração não é um indicador confiável da degradabilidade da parede celular. A lignina, diferentemente da celulose e hemicelulose, não é um carboidrato e apresenta maior dificuldade de ser determinada laboratorialmente. E é o principal polímero fenólico das plantas que fornece rigidez e cria uma barreira impermeável que protege da degradação. Esta rigidez promove resistência contra estressores bióticos e abióticos como doenças, insetos, frio e seca.

Embora os métodos de análise da fibra tenham mudado com o decorrer do tempo, o conceito de fibra insolúvel tem se mantido constante há cerca de 200 anos, como uma fração da dieta que é resistente a degradação ou indigestível. Mertens em 1997, já caracterizava a fibra na nutrição de ruminantes como a matéria orgânica de digestão lenta ou indigestível. Apesar deste conceito estar estabelecido a muito tempo, há a necessidade de recorrer à análise de solubilidade química para determinar a fibra nutricional, e não pela falta de compreensão ou técnica, mas sim pela complexidade inerente à mensuração do conceito fibra. Da mesma forma, a lignina é o principal componente da parede celular que afeta a degradabilidade, entretanto sua mensuração laboratorial não é precisa e a falta de padronização dos métodos existentes podem gerar resultados contraditórios. Portanto, as análises laboratoriais são necessárias e úteis, mas pouco explicam os efeitos que ocorrem na nutrição de ruminantes na prática.

2. Características químicas a fibra

Van Soest publicou pela primeira vez um sistema abrangente de fracionamento químico para forragens em 1967, fornecendo aos nutricionistas uma forma de analisar quimicamente amostras de forragens que auxiliaria nos aspectos nutricionais na prática. No sistema de Van Soest a MS da forragem é separada dentro de duas categorias baseadas na sua solubilidade em solução detergente neutro. Esta abordagem separa os componentes fibrosos da parede celular das plantas do conteúdo celular das plantas.

A fibra insolúvel ou os constituintes fibrosos da parede celular, formam o mat ruminal e, portanto, estimulam a função do rúmen. Essa porção é mensurada como fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), com o nome da solução responsável por mensurar a quantidade de hemicelulose, celulose e lignina da planta. A FDN comumente varia entre 30-80% da matéria orgânica na maioria das forragens. A FDN é separada do conteúdo dos componentes da planta que são solúveis em detergente neutro (SDN). Esta fração é altamente digestível (98%) na maioria das forragens. Na planta, os compostos SDN são predominantemente formados por carboidratos solúveis em água, proteínas e gorduras. O teor da FDN nos alimentos é altamente relacionado com a degradabilidade, pois é menos degradável que o conteúdo celular e sua degradabilidade varia de acordo com a lignificação da parede celular. Isto é um importante conceito, pois o teor de FDN e a diferença na degradabilidade entre FDN e SDN são os principais fatores da dieta que afetam o desempenho animal, especialmente o CMS. Geralmente, quando o teor de FDN da dieta aumenta o CMS diminui, por conta do enchimento ruminal.

O reticulo rúmen é o principal local onde o enchimento regula o CMS em ruminantes. A distensão do órgão estimula mecanorreceptores presentes na camada muscular, concentrados no retículo e no saco cranial do rúmen. Quanto essa distensão afeta o CMS depende do estado da lactação e da exigência de energia do animal. Durante o início até a metade da lactação, quando as vacas estão se aproximando do pico de produção de leite, o controle da ingestão de alimentos é cada vez mais dominado pela distensão ruminal. Isso significa que o enchimento ruminal desempenha um papel significativo na regulação da ingestão de alimentos durante este período. Esta associação entre o teor de FDN e o CMS foi explorada em estudo que forneceu quatro dietas com diferentes concentrações de alimentos volumosos que aumentaram linearmente de 40 a 70% a quantidade de volumoso na dieta. À medida que a quantidade de volumoso aumentou, o teor FDN aumentou e a MS da dieta manteve-se constante. A FDN variou de 35,4% da MS na dieta com 40% de volumoso para 43,4% da MS na dieta com 70% de volumoso. Como resultado, o CMS diminuiu 4 kg/d à medida que a FDN aumentou de 35,4% para 43,4%.

Ainda que a fração da FDN tenha efeitos consistentes sobre o CMS, sua degradabilidade pode variar substancialmente. A degradabilidade da fração FDN é altamente variável porque diferentes fases de crescimento da planta influenciam a degradabilidade. Em geral, a degradabilidade das forragens é influenciada pela sua maturidade e por fatores ambientais ou agronômicos que impactam a maturidade da planta e afetarão o grau de lignificação. Especificamente, fatores ambientais como o aumento da temperatura e tempo de exposição ao sol causam variações anuais e sazonais na qualidade da forragem. Um aumento na temperatura acelera a maturação e diminui a qualidade das forragens ao comparar com as mesmas forragens cultivadas em condições normais de temperatura e colhidas na mesma fase morfológica.

O sistema FDN tornou-se popular rapidamente na nutrição de bovinos leiteiros por sua capacidade de mensurar os constituintes da parede celular da forragem que estimula a ruminação e o enchimento ruminal. Entretanto, a FDN por si só não é responsável por toda variabilidade do consumo e produção de leite de bovinos leiteiros. A fração FDN também não representa uma classe homogênea de componentes químicos. Mertens (1997) afirmou que a formulação de dietas baseadas exclusivamente em FDN não levará em conta as diferenças na digestão e passagem da fibra, mas é muito valioso ao separar os alimentos em duas categorias, digestíveis (SDN) e potencialmente degradáveis (FDN). Para melhor prever a resposta de uma vaca a determinada dieta é importante ter conhecimento da degradabilidade da FDN, pois ela afeta o desempenho independente da concentração de FDN dietético. No entanto, a falta de uniformidade da degradabilidade da FDN demonstra a existência de particularidades de degradação desta fração, que pode variar entre os alimentos.

3. Fracionamento da FDN

A FDN pode ser fracionada dentro de duas categorias principais: potencialmente degradável (FDNpd) e indigestível (FDNi). Waldo et al. (1972) descreveram pela primeira vez esta distinção teórica entre frações de parede celular digestíveis e indigestíveis em 1972. Como anteriormente referido, o grau de ligação cruzada com a lignina é o maior fator de redução da degradabilidade ruminal do FDN e, portanto, tem maior influência na degradação in vivo no

rúmen. A fração FDNi é composta por hemicelulose e celulose que estão altamente associadas a lignina e, portanto, não são capazes de se decompor no rúmen, independentemente do tempo de fermentação. Esta descoberta permitiu o desenvolvimento de modelos de digestão das fibras porque o FDNpd (ou seja, o FDN - FDNi) segue cinética de primeira ordem e taxas e extensões da degradação do FDN que podem ser facilmente calculadas. Consequentemente, o conceito de FDNi e FDNpd tem sido usado na pesquisa com fibra e desenvolvimento de modelos pelos últimos 45 anos. O problema da teoria inicial é que a FDNi não poderia ser mensurado, pois precisaria de tempo infinito para realizar a análise. A partir disso, a FDNi passou a ser mensurada baseada num tempo de fermentação específico. Pesquisas foram feitas para avaliar qual o tempo de fermentação que deve ser utilizado para representar o resíduo restante após a fermentação completa no rúmen. Raffrenato, Ross e Van Amburgh (2018) especificaram que o tempo de fermentação in vitro de 240 h parece adequado. Para esta determinação, os autores analisaram 102 forragens de diferentes espécies para FDN tratado com amilase e sulfito de sódio com base na matéria orgânica (aFDNmo) e FDNi usando diferentes tempos de fermentação de 12 até 504 h. O objetivo era atingir um ponto de fermentação em que o peso do resíduo não apresentasse mudanças com a adição de tempo de fermentação. Não foi detectada diferença no desaparecimento da aFDNmo em nenhum tempo de fermentação posterior a 240 h. Além disso, para testar se a aFDNmo degradável estava esgotada nas 240 h de fermentação, foi utilizado um teste de médias que confirmou a ausência de diferença entre os pontos de tempo de 240 h a 504 h. Isto permitiu fracionamento prático da FDN em FDNi e FDNpd por testes comerciais de laboratórios.

Mertens (1997) hipotetizou que a degradação da FDN é estimada com mais precisão quando a FDNpd é assumida como sendo a soma de duas frações degradáveis, FDN de degradação rápida e lenta. Posteriormente, Raffrenato e Van Amburgh (2011) confirmaram essa teoria. Eles modelaram a taxa de desaparecimento de 35 amostras diferentes de forragem de 0 a 240 h de fermentação. Os autores observaram que por 30 h a maior parte da fração rápida de degradação estava esgotada e por 120 h a fração lenta estava esgotada, e a fração indigestível após 240 h (FDNi240). Fazer esta distinção entre as duas

frações é importante, pois a taxa de degradação da FDNpd parece afetar os padrões de refeição e o CMS juntamente com FDNi.

4. FDN fisicamente efetivo

Para otimizar a eficiência digestiva e as funções próprias do rúmen é necessária a ingestão de partículas longas e fibrosas. Essas partículas formam o mat ruminal, que aumenta o tempo de retenção no rúmen de partículas que potencialmente poderiam deixar rapidamente prejudicando a digestibilidade. Estas partículas formam uma camada no rúmen que funciona como um leito de filtração, retendo partículas que poderiam escapar, mas que contêm FDN potencialmente digestível (pdNDF). Isso aumenta tanto a digestibilidade da FDN quanto a massa do conteúdo ruminal, ajudando a neutralizar os ácidos produzidos pela fermentação. A maior quantidade de conteúdo ruminal aumenta a capacidade tamponante do rúmen direta, através da troca catiônica, e indiretamente, estimulando contrações ruminais que facilitam a absorção dos ácidos provenientes da fermentação, bem como pela estimulação da ruminação e produção de saliva.

A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) é a fração da dieta que contribui para a formação desse mecanismo de retenção no rúmen. Por mais que o aumento da FDNfe pode melhorar o tamponamento e a digestibilidade da fibra, aumentar a massa de conteúdo ruminal pode reduzir o consumo de matéria seca por distensão ruminal. Há diferentes métodos para medir a efetividade da FDN, mas a mais aceita é a capacidade de estimular mastigação. Outra abordagem amplamente utilizada é através da capacidade da fibra de manter o teor de gordura no leite.

A utilização da FDN fisicamente efetiva através da avaliação do tamanho de partículas provenientes dos ingredientes na formulação de dietas seguida pela avaliação da FDN fisicamente efetiva da TMR é útil devido a possibilidade de redução do tamanho das partículas da dieta durante o tempo de mistura no vagão. Essa avaliação é realizada através da mensuração do tamanho das partículas da dieta. Mertens (1997) sugeriu que a FDNfe das dietas deveria ser mensurada determinando a proporção de partículas da TMR retidas em uma

peneira de 1,18 mm e multiplicando pela concentração total de FDN da dieta. No entanto, esse método assume que a matéria seca e FDN da dieta são iguais distribuídas em todas as peneiras. Neste contexto, o conjunto de peneiras da Penn State (PSPS) surgiu como uma alternativa rápida e barata para caracterizar o tamanho de partículas de ingredientes e dietas nas fazendas.

O uso do Separador de Partículas de Penn State para medir fibra fisicamente efetiva com várias combinações de peneiras de 19, 8 e 1,18 mm pode inflar ou reduzir os valores de pef, em comparação com o método padrão de peneiramento a seco, resultando em correlações fracas entre FDNfe, o tempo total de mastigação e o pH ruminal (Grant e Cotanch, 2005). No entanto, é possível que um valor de fibra fisicamente efetiva de ração tal como fornecida na fazenda possa ser determinado usando o Separador de Partículas de Penn State adaptado com uma peneira de 4 mm, que forneça valores de FDNfe semelhantes ao método padrão de peneiramento a seco, embora sejam necessários mais estudos. Neste estudo, foi relatado um R^2 de 0,93 entre o FDNfe medido usando a peneira de 1,18 mm com peneiramento vertical a seco e o Separador de Partículas de Penn State usando uma peneira de 4,0 mm e agitação horizontal de amostras fornecidas de silagem de milho, silagem de alfafa e TMR. No geral, é evidente que para formular efetivamente dietas usando peNDF, conforme proposto por Mertens (1997) e atualmente implementado na indústria de laticínios, são necessários valores de pef derivados do peneiramento vertical a seco ou de um sistema que produza pef semelhante. Tentativas de avaliar o sistema FDNfe precisam utilizar a metodologia de peneiramento de partículas descrita por Mertens (1997) para serem válidas.

Recentemente Piran Filho et al. (2023) relatou uma maior efetividade da fibra para as partículas de 8 a 19 mm. Os autores relatam que a ruminação por quilograma de matéria seca e o pH ruminal sugerem alguma efetividade da FDNf, mesmo quando as partículas de silagem de milho são menores que 8 mm. No entanto, a mastigação total por quilograma de FDN e os níveis de LPS no sangue indicam que a FDN de partículas de silagem de milho menores que 8 mm é menos eficaz do que a FDN de partículas de CS com 8 a 19 mm. Em comparação com as partículas de silagem de milho de 8 a 19 mm, as partículas de silagem de milho maiores que 19 mm reduziram a produção de leite e seus componentes,

além de diminuir a mastigação total e promover a seleção contra partículas longas e a FDN da dieta. Esses resultados destacam que essa fração deve ser considerada com cautela ao se estimar a efetividade física da silagem de milho para vacas leiteiras e que deve ser utilizada na formulação de dietas apenas em combinação com medições frequentes de seleção alimentar.

5. FDN fisicamente ajustada

Recentemente, White et al. (2017) reavaliaram o conceito de FDNfe e propuseram o uso de FDN e descritores de tamanho de partículas, juntamente com outras características físicas e químicas da dieta, para prever o consumo de matéria seca (CMS), o tempo de ruminação e o pH ruminal em vacas leiteiras em lactação. Eles denominaram essa medida FDN fisicamente ajustada (FDNfa) e os novos requisitos nutricionais para gado leiteiro propõem o FDNfa como a medida preferida para avaliar a adequação de uma dieta para manter um determinado pH ruminal. O sistema FDNfa se baseia em uma medida de tamanho de partícula (peneira de 19 mm do Separador de Partículas de Penn State) e sua interação com FDN da dieta, FDN de forragem, amido e porcentagem de forragem. Conforme mencionado na publicação do NASEM (2021), o sistema FDNfa não foi concebido para ser utilizado na formulação de dietas, mas sim para ilustrar como a composição da dieta e o tamanho das partículas afetam o pH ruminal e para auxiliar na avaliação de dietas.

Este sistema não foi testado em campo, e ainda não se sabe se o FDNfa aumentará nossa capacidade de fornecer fibra para o gado leiteiro, mas ele difere do FDNfe em pelo menos três maneiras principais, que precisam ser entendidas e apreciadas: (1) o foco está na ruminação em vez de na mastigação total, então as contribuições da ingestão são excluídas; (2) o Separador de Partículas de Penn State é utilizado para medir o tamanho das partículas em amostras tal como fornecidas, em vez de peneiramento a seco (embora os resultados sejam expressos em base de matéria seca, o que pode ser desafiador para uso em campo); e (3) o foco está no pH ruminal em vez da resposta de mastigação. Um foco no pH ruminal (semelhante ao teor de gordura no leite em trabalhos anteriores sobre fibra efetiva) pode ser problemático do ponto de vista da formulação de dietas, porque o pH e a gordura no leite podem ser

influenciados por fatores não fibrosos, tanto químicos quanto físicos. Em contraste, o FDNfe está relacionado à atividade total de mastigação, que determina em grande parte a estrutura da camada bifásica do conteúdo ruminal, o tamponamento salivar e, em última análise, a dinâmica da passagem de partículas e da digestão. No futuro, os nutricionistas de gado leiteiro poderão continuar a confiar no FDNfe ou em um sistema semelhante para formulação de dietas e encontrar utilidade no FDNfa ou em alguma abordagem similar para avaliar dietas no campo e orientar sua estratégia de formulação.

6. Milk 2024

O MILK2024 foi desenvolvido para ser uma ferramenta importante na avaliação do valor nutritivo da silagem de milho e auxiliar na tomada de decisão para educadores, consultores e produtores de leite. Ele estima o conteúdo energético (leite/tonelada) e o rendimento energético (leite/hectare) da silagem de milho, considerando sua composição nutricional e produtividade. Essa abordagem é essencial, uma vez que a silagem de milho desempenha um papel fundamental nas rações de vacas leiteiras, fornecendo energia e fibra de maneira eficaz. Além disso, o uso de forragens produzidas na própria fazenda é uma opção mais econômica e nutricionalmente vantajosa do que a compra de concentrados. A escolha de híbridos de milho também influencia diretamente o valor nutritivo da silagem, e fatores como produtividade, saúde da planta e resistência à seca precisam ser cuidadosamente avaliados durante essa seleção.

O índice MILK foi introduzido pela primeira vez em 1990, passando por várias atualizações conforme o avanço da pesquisa em nutrição de vacas leiteiras. A versão mais recente antes do MILK2024 foi o MILK2006, que utilizava equações baseadas no NDT (nutrientes digestíveis totais) para estimar a produção de leite. O MILK2006 também incorporava a digestibilidade in vitro ou in situ da FDN (fibra em detergente neutro) e do amido como estimativas da digestibilidade in vivo desses nutrientes. No entanto, novos conceitos surgiram com o lançamento da oitava edição dos Requisitos Nutricionais para Gado Leiteiro (NASEM, 2021), criando a oportunidade para uma nova versão do índice MILK.

O modelo MILK2024 foi desenvolvido a partir dessas atualizações, incorporando equações modificadas do NASEM e novos conceitos em nutrição. Ele utiliza uma dieta basal, uma vez que o modelo NASEM calcula a energia da dieta como um todo, e não de ingredientes individuais. A dieta basal, que inclui 30% de silagem de milho, é baseada em uma dieta típica do meio-oeste dos Estados Unidos. A produção de leite estimada no MILK2024, no entanto, não inclui essa dieta basal, pois o objetivo é estimar o valor energético da silagem de milho isoladamente.

Uma das mudanças significativas no MILK2024 em relação ao MILK2006 é a exclusão da necessidade de se estimar a concentração de matéria seca, que anteriormente era usada para calcular a digestibilidade do amido. Agora, o modelo utiliza exclusivamente o valor de digestibilidade do amido de 7 horas (amidoD). Além disso, o MILK2024 introduz uma nova entrada para a FDN indigestível de 240 horas (FDNi), que é utilizada juntamente com a digestibilidade da FDN (FDND) para os cálculos da digestibilidade in vivo da fibra.

Outro avanço importante no MILK2024 é o uso de modelos mecanicistas para calcular a digestibilidade do amido e da FDN, em vez de simples regressões, como nas versões anteriores. A taxa de digestão da FDN é estimada a partir da FDND com pontos de tempo de 30 ou 48 horas, enquanto a taxa de digestão do amido é estimada a partir do amidoD de 7 horas. Essa abordagem melhora a precisão das previsões de digestibilidade em comparação com versões anteriores do índice.

Além disso, o MILK2024 não calcula mais os nutrientes digestíveis totais (NDT) para estimar a energia líquida de lactação (ELL), como era feito nas versões anteriores. Em vez disso, ele utiliza diretamente o modelo NASEM para calcular a energia digestível (ED) da dieta, subtraindo as perdas de energia para calcular a ELL. O MILK2024 também atualiza a composição do leite estimado, prevendo a produção de leite com 4,0% de gordura, 3,1% de proteína verdadeira e 4,8% de lactose, valores mais representativos das vacas leiteiras modernas.

Durante os testes, o MILK2024 apresentou valores médios de leite por tonelada ligeiramente superiores aos do MILK2006, com uma faixa de variação e desvio padrão menores. Além disso, o MILK2024 demonstrou uma capacidade aprimorada de distinguir amostras com diferentes composições nutricionais, o

que indica que pequenas diferenças entre amostras ou híbridos são mais significativas com o novo modelo. Por fim, o MILK2024 continua a oferecer uma ferramenta valiosa para avaliar a silagem de milho e guiar decisões relacionadas à nutrição e produtividade, trazendo melhorias em relação a suas versões anteriores e refletindo melhor a realidade das dietas modernas e da produção de leite atual.

7. Fibra em detergente neutro indigestível

A fração indigestível da FDN da dieta é composta pelas frações de celulose e hemicelulose ligadas a lignina, o que impossibilita a degradação no rúmen, independente do tempo de fermentação. Mertens (2013) desenvolveu o termo FDN indigestível (FDNi) ao se referir a medida laboratorial do resíduo de FDN restante em uma duração de fermentação específica. Estudos mostram forte correlação negativa entre o teor de FDNi na dieta e o consumo de matéria seca (CMS) e produção de leite. Miller et al. (2021) explanaram que a limitação do CMS deve ocorrer quando o teor de FDNi exceder 9,5 a 10% da matéria seca (MS) da dieta, para dietas à base de silagem de milho e silagem de pré-secado. Portanto, melhorar a digestibilidade da FDN pode impactar positivamente o desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de silagem de milho.

Oba e Allen (1999) encontraram que o incremento em uma unidade da digestibilidade aparente total de FDN foi associada positivamente a 0,17 kg de CMS e 0,23 kg de produção de leite por vaca. Ainda, há evidências na literatura que diferentes teores de FDNi na dieta podem afetar o comportamento alimentar de vacas leiteiras, aumentando o tempo de ruminação e alimentação. Apesar dos efeitos encontrados na literatura referente aos teores de FDNi na dieta de vacas leiteiras, a indicação do melhor nível de utilização ainda é desconhecida, notadamente em condições brasileiras e em dietas baseadas unicamente em silagem de milho como volumoso. As estimativas de necessidades nutricionais de uso de fibra feitas pelo NASEM (2021) evoluíram pouco referente ao NRC (2001). A estimativa da quantidade de FDN da dieta baseia-se na fonte do FDN (FDN de forragem ou não-forragem) e na quantidade de amido presente na dieta, sem considerar características qualitativas da FDN (NASEM, 2021). Kahyani et

al. (2019) demostraram que alterar a fonte de forragem em dietas isocalóricas e isoproteicas afeta o CMS, pH ruminal, digestibilidade aparente total da FDN, balanço de energia e eficiência produtiva de vacas leiteiras. Stensig e Robinson (1997) avaliaram os efeitos da utilização de silagem de alfafa e silagem de timóteo (Phleum pratense) como diferentes fontes de forragem em dietas com teor de FDN similar (46,9% e 49,4%, respectivamente), porém diferindo no teor de FDNi (21,7% e 12,2%, respectivamente) sobre a cinética digestiva de vacas em lactação. Os autores afirmaram que o maior FDNi da silagem da alfafa resultou em 16 maior preenchimento físico ruminal que a silagem de timóteo, porém a fração digestível da FDN da silagem de alfafa apresentou maior taxa de degradação, aumentando a taxa de passagem, fazendo com que os grupos apresentassem CMS similares. Ivan et al. (2005) avaliaram o desempenho de vacas em lactação utilizando um hibrido de milho para silagem com baixo teor de parede celular e digestibilidade e outro com alto teor de parede celular e digestibilidade, em síntese as vacas que comeram a dieta com maior teor de parede celular (FDN), apresentaram melhor desempenho, por conta da maior digestibilidade da fibra.

Entretanto, apesar de alguns relatos encontrados na literatura, o FDNi dietético como uma variável capaz de influenciar o desempenho do animal bem como o comportamento ingestivo não tem sido amplamente estudado. Devido a isso, este trabalho buscou entender melhor como níveis decrescentes de FDNi na dieta afeta vacas em lactação em diversos aspectos, utilizando a silagem de milho como única fonte de volumoso, alterando a altura de corte de plantas provindas de um único hibrido de milho.

8. Conclusão

A fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) é uma medida laboratorial que avalia a quantidade de hemicelulose, celulose e lignina presentes em um alimento ou dieta. Contudo, essa análise assume que toda a FDN tem o mesmo comportamento no trato gastrointestinal, o que pode não ser o caso. Pesquisas anteriores mostram que dietas com o mesmo teor de FDN e tamanho de partículas, mas com diferentes concentrações de FDN indigestível (FDNi),

impactam de maneira distinta o desempenho produtivo e o consumo de matéria seca de vacas em lactação.

Assim como o balanceamento de proteína nas dietas é feito com base no perfil de aminoácidos, a fibra deveria ser ajustada conforme sua qualidade, para melhorar os resultados produtivos. Isso é particularmente relevante em países tropicais, como o Brasil, onde o teor de FDNi na silagem de milho tende a ser mais alto. Ferramentas como o MILK2024, ou estratégias como o aumento da altura de corte da planta, podem ser cruciais na escolha do híbrido de milho ou na melhoria da qualidade da silagem.

Ao reconhecer que a fração de FDN varia entre os alimentos, ajustar a qualidade da fibra juntamente com um tamanho de partículas adequado deve se tornar uma prioridade no futuro da formulação de dietas para vacas leiteiras. Isso pode otimizar tanto o desempenho quanto o bem-estar dos animais, garantindo uma produção mais eficiente.

9. Referências bibliográficas

Allen, M. S. 1997. Relationship between ruminal fermentation and the requirement for phisically effective fiber. J. Dairy Sci. 80: 1447-1462.

Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83:1598-1624.

Allen, M. S.; Piantoni, P. Metabolic Control of Feed Intake. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, v. 29, n. 2, p. 279–297, jul. 2013.

Allen, M. S., D. O. Sousa; M. J. Vandehaar. 2019. Equation to predict feed intake Response by lactating cows to factors related to the filling effect of rations. J. Dairy Sci. 102: 7961-7969.

Asif, M. Sustainability of timber, wood and bamboo in construction. Em: Sustainability of Construction Materials. [s.l.] Elsevier, 2009. p. 31–54.

Buxton, D. R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. Ani. Feed Sci. Tech. 59:37-49

Buxton, D. R., and Redfearn D. D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. J. Nutr. 127:814-818

Combs, D. K. 2013. TTNDFD: A new approach to evaluate forages. In proceedings from 2013 Cornell Nutr. Conf. Dept. Anim. Sci., Cornell Univ., Ithaca, NY (2013), pp. 113-125.

Cotanch, K. W., R. J. Grant, M. E. Van Amburgh, A. Zontini, M. Fustini, A. Palmonari, and Formigoni A. 2014. Applications of INDF in ration modeling and formulation. Pages 114-131 in Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac. East Syracuse, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY.

Devries, T. J.; Dohme, F.; Beauchemin, K. A. Repeated Ruminal 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, out. 2008.

Diepersloot, E. C.; Heinzen, C.; Saylor, B. A.; Ferraretto, L. F. Effect of cutting height, microbial inoculation, and storage length on fermentation profile and nutrient composition of whole-plant corn silage. Translational Animal Science, v. 6, n. 2, 1 abr. 2022.

Ferraretto, L. F., and R. D. Shaver. 2012. Meta-analysis: Impact of corn silage harvest practices on intake, digestion and milk production by dairy cows. Prof. Anim. Sci. 28:141–149.

Ferraretto, L. F.; Shaver, R. D. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. Journal of Dairy Science, v. 98, n. 4, p. 2662–2675, abr. 2015.

Ferraretto, L. F., P. M. Crump, and R. D. Shaver. 2013. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. J. Dairy Sci. 96: 533-550.

Ferraretto, L. F.; Shaver, R. D.; Luck, B. D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting Journal of Dairy Science. 2018.

Fustini, M.; Palmonari, A.; Canestrari, G.; Bonfante, E.; Mammi, L.; Pacchioli, M.T.; Sniffen, G.C.J.; Grant, R.J.; Cotanch, K.W.; Formigoni, A.. Effect of INDigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance. Journal Of Dairy Science, [S.L.], v. 100, n. 6, p. 4475-4483, jun. 2017. American Dairy Science Association. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-12266.

Grant, R. J. 2010. Forage fragility, fiber digestibility, and chewing response in dairy cattle. Pages 27-40 in Proc. Tri-State Dairy Nutr. Conf. Fort Wayne, IN.

Grant, R. J., and Cotanch K. W. 2012. Higher forage diets: Dynamics of passage, digestion, and cow productive responses. Pages 45-57 in Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac. East Syracuse, NY. Cornell University, Ithaca, NY.

Grant, R. J. and K. W. Cotanch. 2017. Applications of uNDF in ration formulation and feedbunk management. Proc. California Animal Nutrition Conference. Fresno, CA.

Grant, R. J., W. A. Smith, M. D. MILLER, K. ISHIDA, and OBATA A. 2018. Relationships between undigested and physically effective fiber in lactating dairy

cows. Pages 35-47 in Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac. East Syracuse, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY

Hall, M. B., and Mertens D. R. 2017. A 100-year review: carbohydrates characterization, digestion, and utilization. J Dairy Sci. 100: 10078-10093.

Hoffman, P. C., R. D. Shaver, and D. R. Mertens. 2012. Feed GrainV2.0 background and development guide. UW Extension.

Huhtanen, P.; Kaustell, K.; Jaakkola, S. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. Animal Feed Science and Technology, v.48, p.211-227, 1994.

Ivan, S. K.; Grant, R. J.; Weakley, D.; BECK, J. Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on performance of holstein cows. Journal of Dairy Science, v. 88, n. 1, p. 244– 254, 2005. 003300060037x.

Jung, H. J., D. A. SAMAC, AND G. SARATH. 2012. Modifying crops to increase cell wall digestibility. Plant Sci. 185:65–77.

Kahyani, A.; Ghorbani, G.R.; Alikhani, M.; Ghasemi, E.; Sadeghi-sefidmazgi, A.; Nasrollahi, S.M. Adjusting for 30-hour Indigested neutral detergent fiber in substitution of wheat straw and beet pulp for alfalfa hay and corn silage in the diet of high-producing cows. Journal Of Dairy Science, [S.L.], v. 102, n. 8, p. 7026-7037, ago. 2019. American Dairy Science Association. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2018-1574

Krizsan, S. J.; Ahvenjärvi, S.; Huhtanen, P. A meta-analysis of passage rate estimated by rumen evacuation with cattle and evaluation of passage rate prediction models. Journal of Dairy Science, v. 93, n. 12, p. 5890–5901, dez. 2010.

Kung, L.; Moulder, B. M.; Mulrooney, C. M.; Teller, R. S.; Schmidt, R. J. The effect of silage cutting height on the nutritive value of a normal corn silage hybrid compared with brown midrib corn silage fed to lactating cows. Journal of Dairy Science, v. 91, n. 4, p. 1451–1457, 2008.

Kononoff, P.J.; Heinrichs A. J.; Buckmaster D.R. (2003) 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. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73773-4.

Lippke, H. Regulation of voluntary intake of ryegrass and sorghum forages in cattle by indigestible neutral detergent fiber. J. Anim. Sci. 1986, 63, 1459–1468.

Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci. 80:1463-1481.

Mertens, D. R. 2009. Maximizing forage use by dairy cows. Western Canadian Dairy Seminar. Advances in Dairy Technology. 21:303-319.

Mertens, D. R. 2015. Underlying fiber concepts and definitions. Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac. East Syracuse, NY, Cornell Univ., Ithaca, NY.

Mertens, D. R. 2016. Using INDF to predict dairy cow performance and design rations. Proc. Four-State Dairy Nutrition and Management Conference, Dubuque, IA (2016), pp. 12-19.

Mertens, D. R. 2013. Indigestible versus Undigested NDF—The distinction. Unpublished white paper prepared for 2013 Fiber Group meeting, Syracuse, NY.

Miller, M. D.; Kokko, C.; Ballard, C. S.; Dann, H. M.; Fustini, M.; Palmonari, A.; Formigoni, A.; Cotanch, K. W.; Grant, R. J. Influence of fiber degradability of corn silage in diets with lower and higher fiber content on lactational performance, nutrient digestibility, and ruminal characteristics in lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science, v. 104, n. 2, p. 1728–1743, 1 fev. 2021.

Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D.C.: National Academies Press, 2001.

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ed. The National Academies Press.

Oba, M., and M. S. Allen. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. J. Dairy Sci. 82:589–596.

Oba, M., and M. S. Allen. 2000. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. feeding behavior and nutrient utilization. J. Dairy Sci. 83:1333–1341. Oba, M., and M. S. Allen. 2000b. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 3. digestibility and microbial efficiency. J. Dairy Sci. 83:1350–1358.

Piran Filho, F. A.; Bragatto, J. M.; Parra, C. S.; Silva, S. M. S.; Roco, P. J.; Ferraretto, L. F.; Pereira, M. N.; Daniel, J. L. P. Physical effectiveness of corn silage fractions stratified with the Penn State Particle Separator for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, v. 106, n. 9, p. 6041–6059, 1 set. 2023.

Raffrenato, E.; Van Amburgh, M.E. Technical note: improved methodology for analyses of acid detergent fiber and acid detergent lignin. Journal Of Dairy Science, v. 94, n. 7, p. 3613-3617, jul. 2011. American Dairy Science Association. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3701.

Serva, L.; Magrin, L.; Andrighetto, I.; Marchesini, G. Short communication: the relationship between dietary particle size and INDegraded neutral detergent fibre in lactating dairy cows. Animal Feed Science And Technology, [S.L.], v. 279, p. 115017, set. 2021. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115017.

Schwab, E. C., R. D. Shaver, J. G. Lauer, and J. G. COORS. 2003. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. Anim. Feed Sci. Technol. 109: 1-18.

Tebbe, A. W., M. J. Faulkner, and W. P. Weiss. 2017. Effect of portioning the nonfiber carbohydrate fraction and neutral detergent fiber method on digestibility of carbohydrates by dairy cows. J. Dairy Sci. 100: 6218-6228

Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. J. Animal Sci. 26:119-128.

Van Soest, P. J.;. Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597. doi:10.3168/JDS.S0022-0302(91)78551-2.

Van soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY

White, R. R.; Hall, M. B.; FIRKINS, J. L.; KONONOFF, P. J. Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. Journal Of Dairy Science, v. 100, n. 12, p. 9551-9568, dez. 2017. American Dairy Science Association. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-12765

Zebeli, Q.; Ametaj, B. N.; Junck, B.; Drochner, W. Maize silage particle length modulates feeding patterns and milk composition in loose-housed lactating Holstein cows. Livestock Science, v. 124, n. 1–3, p. 33–40, set. 2009.

Autor

Daniel J. C. Vieira