

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ

JORGE HENRIQUE CARNEIRO

**NUTRIÇÃO DE PRECISÃO EM DIETAS DE VACAS LEITEIRAS DE ALTA
PRODUÇÃO E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO
LEITE**

CURITIBA

2016

JORGE HENRIQUE CARNEIRO

**NUTRIÇÃO DE PRECISÃO EM DIETAS DE VACAS LEITEIRAS DE ALTA
PRODUÇÃO E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO
LEITE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição e Produção Animal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Almeida

CURITIBA
2016

Ao meu pai Adenilson Carneiro e minha mãe Terezinha Prestes, que são o
alicerce do meu crescimento pessoal e profissional
A Milena, minha companheira, inspiradora e futura esposa
As vacas leiteiras, razão deste estudo e minha paixão
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais, pela presença, amor, carinho e apoio incondicional que sempre me foram ofertados, acreditando em mim e em meus sonhos, inúmeras vezes mais que o próprio sonhador.

A Milena, pelo companheirismo e carinho a mim dispensados ao longo destes anos, impulsionando sempre a me tornar uma pessoa mais confiante, realizada e sobretudo humana.

Ao orientador professor Rodrigo de Almeida, pela majestosa orientação profissional e pessoal que tenho recebido nos últimos anos. Agradeço imensamente toda a orientação técnica científica que recebo do senhor, mas além disto ao exemplo de educação e caráter que levarei comigo.

Ao amigo Méd. Vet. Junio Fabiano dos Santos, pela amizade, apoio em meus estudos e aos ensinamentos profissionais de cada dia. Sua paixão pela profissão certamente me inspira.

Aos colegas do Grupo do Leite da UFPR pela cooperação, em especial ao professor André Ostrensky pelos inúmeros ensinamentos.

Ao professor Luiz Fernando Fávaro, professoras Erica e Stela, que muito me apoiaram, inspiraram e contribuíram para meu crescimento como profissional e pessoa.

As cooperativas Capal e Castrolanda, pelo apoio ao projeto.

E finalmente a Deus, por ter posto em meu caminho oportunidades e pessoas que tornaram possíveis a realização deste sonho.

“Don’t Stop This Train”

John Mayer

RESUMO

A nutrição de precisão ganhou muita evidência nos últimos anos devido principalmente ao aumento considerável do custo alimentar em fazendas leiteiras, além da preocupação constante com a excreção do excesso de nutrientes ao meio ambiente. A genética destes animais apresentou também grandes avanços, e apenas dietas corretamente balanceadas proporcionam a expressão total de seu potencial. Porém muitas vezes, independentemente do tempo e esforços gastos para a formulação de uma dieta adequada, a ingestão real de nutrientes pelas vacas ou até mesmo a dieta que será disponibilizada a elas não reflete fielmente a formulação original. Neste contexto encontramos comumente “três” dietas dentro de uma fazenda, a dieta do nutricionista, formulada cuidadosamente para atender as exigências nutricionais dos animais com o melhor custo possível; a dieta do tratador, função do carregamento, mistura e distribuição dos ingredientes aos animais; e finalmente a dieta realmente consumida. A variação da qualidade dos alimentos, os erros durante o preparo da dieta, e o comportamento de seleção são os principais fatores envolvidos na baixa acurácia e precisão da nutrição. Práticas de manejo que assegurem que as “três” dietas serão muito parecidas são extremamente desejadas, mostrando influenciar a produção e composição do leite. Além da composição de nutrientes da dieta ofertada as vacas, o monitoramento da distribuição do tamanho de partículas também se faz necessário, visto sua grande importância para o constante consumo da dieta ao longo do dia e da maior assertividade no balanceamento de fibra, que por sinal é extremamente importante para a manutenção da saúde e longevidade dos animais. Em nosso estudo observacional, erros associados ao carregamento em excesso dos ingredientes concentrados influenciou negativamente o teor de gordura (%G) ($r = -0,52$; $p = 0,05$) e a produção de leite ($r = -0,47$; $p < 0,05$). O excesso de partículas longas nas forragens foi associado a redução do %G e da relação gordura/proteína (%G/%P) do leite. A variação diária do teor de matéria seca da dieta ofertada aumentou a proporção de vacas com %G/%P inferior a 1 e reduziu a %G/%P ($r = 0,40$; $p = 0,09$ e $r = -0,43$; $p = 0,07$ respectivamente). A baixa homogeneidade das partículas longas da dieta foi correlacionada positivamente com o aumento de seleção contra estas pelas vacas ($r = -0,64$; $p < 0,05$), que por sua vez apresentou comportamento curvilíneo com o %G. Estes resultados confirmam que o manejo alimentar e a precisão da dieta afetam a produção de leite e suas características

Palavras-chave: Nutrição de precisão, produção de leite, tamanho médio de partículas.

ABSTRACT

The precision of nutrition gained much evidence in recent years mainly due to the considerable increase in feed cost on dairy farms and the constant concern with the excretion of excess nutrients to the environment. The genetics of these animals also showed great progress, and only properly balanced diets provide the full expression of their potential. But often, regardless of the time and efforts spent for the formulation of a proper diet, the actual nutrient intake by the cows or even diet is made available to them not accurately reflect the original formulation. In this context we find commonly "three" diets within a farm, the nutritionist's diet, carefully formulated to meet the nutritional requirements of animals with the best possible cost; the diet of the handler, loading function, mixing and distribution of ingredients to animals; and finally the diet actually consumed, the variation of quality of food, the mistakes during the preparation of the diet, and the selection behavior are the main factors involved in low accuracy and precision of nutrition. management practices to ensure that the "three" diets are very similar are extremely desirable, showing influence milk production and composition. In addition to the nutrient composition of the offered diet of cows, monitoring the particle size distribution is also needed, since its importance for the constant consumption of diet throughout the day and the more assertive the fiber balancing, which signal it is extremely important for health maintenance and longevity of animals. In our observational study, errors associated loading in excess of the concentrated ingredients adversely affected the fat (%G) ($r = -0.52$; $p = 0.05$) and milk production ($r = -0.47$, $p < 0.05$). The excess of long particles in the fodder has been associated with reduction in %G and fat/protein ration (%G/%P) of milk. The daily variation of the dry matter content of the offered diet increased the proportion of cows with %G/% P less than 1, and reduced the %G/% P ($r = 0.40$; $p = 0.09$ and $r = -0.43$; $p = 0.07$ respectively). The low homogeneity of the long particles diet was positively correlated with increased by selection against these cows ($r = -0.64$; $p < 0.05$), which showed a curvilinear behavior with %G. These results confirm that the feeding management and diet of the accuracy affect the milk production and characteristics.

Keywords: Nutrition precision, average particle size, milk production.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – RELAÇÃO ENTRE PH RUMINAL E NÍVEIS DE FIBRA FISICAMENTE EFETIVA DA DIETA TOTAL.....	28
FIGURA 2 – RELAÇÃO ENTRE PH RUMINAL E NÍVEIS DE FDN DA DIETA TOTAL.....	29
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULAS COMPARATIVAMENTE ÀS SUAS RESPECTIVAS RECOMENDAÇÕES.....	52
FIGURA 4 – CONSUMO DE MS EM FUNÇÃO DA PROPORÇÃO DE PARTÍCULAS LONGAS NA DIETA OFERTADA.....	53
FIGURA 5 – EFEITO DA HOMOGENEIDADE DE MISTURA DE PARTÍCULAS LONGAS SOBRE A SELEÇÃO DA MESMA.....	56
FIGURA 6 – CONSUMO DE MS EM FUNÇÃO DO TEOR DE FDN _{fe>1,18} DA DIETA OFERTADA.....	60
FIGURA 7 – PORCENTAGEM DE GORDURA DO LEITE EM FUNÇÃO DO COMPORTAMENTO DE SELEÇÃO SOBRE PARTÍCULAS LONGAS.....	65
FIGURA 8 – COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA PORCENTAGEM DE GORDURA DO LEITE EM FUNÇÃO DO CONSUMO DE FDN _{>1,18}	66
FIGURA 9 – PORCENTAGEM DE GORDURA DO LEITE EM FUNÇÃO DO AMIDO (%MS) DA DIETA FORMULADA.....	67

LISTA DETABELAS

TABELA 1 – RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO DE PARTÍCULA DE DIVERSOS TIPOS DE FORRAGEM E A ATIVIDADE MASTIGATÓRIA EM MINUTOS POR KG DE MATÉRIA SECA E EM MINUTOS POR KG DE FDN.....27

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DO MANEJO ALIMENTAR ADOTADO NAS 20 FAZENDAS COMERCIAIS AVALIADAS.....49

TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS DIETAS E FORRAGENS AVALIADAS NAS 20 FAZENDAS COMERCIAIS, BEM COMO O ÍNDICE DE SELEÇÃO PARA OS DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULAS.....51

TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS DIETAS FORMULADAS E OFERTADAS SEGUIDO DAS DIFERENÇAS ENTRE ELAS.....58

TABELA 5 – NÍVEIS NUTRICIONAIS DAS DIETAS OFERTADAS E SOBRAS SEGUIDO DAS DIFERENÇAS ENTRE ELAS.....61

TABELA 6 – CARACTERÍSTICAS MÉDIAS DE PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DOS LOTES AVALIADOS.....63

LISTA DE ABREVIATURAS

CMS - consumo de matéria seca

CMN - consumo de matéria natural

CV - coeficiente de variação

°C - graus Celsius

EE - extrato etéreo

FDNfe - fibra em detergente neutro fisicamente efetiva

FDNfe>1,18 - fibra em detergente neutro fisicamente efetiva maior que 1,18mm

FDNfe>8 - fibra em detergente neutro fisicamente efetiva maior que 8mm

FDA - fibra em detergente ácido

FDN - fibra em detergente neutro

%G - porcentagem de gordura do leite

Lig - lignina

MN - matéria natural

MS - matéria seca

NUL - nitrogênio ureico no leite

%P - porcentagem de proteína do leite

PB - proteína bruta

pH - potencial hidrogeniônico

RM - resíduo mineral

TMR - total mixed ration

UR - umidade relativa

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	13
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 ACURÁCIA E PRECISÃO DA DIETA.....	16
2.2 MONITORAMENTO DA HOMOGENEIDADE DA DIETA TOTAL MISTURADA (TOTAL MIXED RATION - TMR).....	21
2.3 MONITORAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULAS.....	23
2.4 FIBRA FISICAMENTE EFETIVA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS.....	26
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	33
CAPÍTULO II – ACURÁCIA E PRECISÃO DE DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS DE ALTA PRODUÇÃO E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE.....	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
FAZENDAS.....	41
GRUPO DE ESTUDO DENTRO DA FAZENDA.....	42
DADOS DE PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE.....	42
MANEJO ALIMENTAR.....	43
COLETA DE AMOSTRAS.....	44
CÁLCULOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
MANEJO ALIMENTAR.....	48
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	50
COMPORTAMENTO DE SELEÇÃO.....	55
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS DIETAS.....	57

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE.....	62
4. CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS.....	70

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO GERAL

O tema nutrição de precisão ganhou muita importância nos últimos anos dentro da academia e também no setor produtivo, basicamente devido a três fatores: primeiramente, o aumento do custo alimentar tem feito com que as margens de lucro fiquem cada vez mais estreitas, e assim os excessos ou carências no uso dos nutrientes não são mais permitidos, e muitas vezes são determinantes para a viabilidade da propriedade dentro da atividade leiteira. Segundo, o constante melhoramento genético faz com que a produtividade dos animais aumente continuamente, bem como suas exigências nutricionais, fazendo com que apenas dietas corretamente balanceadas possam dar suporte a produções de leite tão elevadas. E terceiro, a preocupação com o meio ambiente e com a sustentabilidade tem sido cada vez maior, tornando a excreção do excesso de nutrientes e conseqüentemente a poluição dos solos e das águas cada vez mais inaceitável (Almeida et al., 2013).

De acordo com Chinelato e Barbieri (2013), os custos com alimentação no ano de 2013 corresponderam a 46% dos custos totais da produção de leite em sete estados brasileiros. Em avaliação econômica realizada no período de julho de 2014 a junho de 2015 em sistemas confinados de produção de leite (15 propriedades) da bacia leiteira de Castro-PR (Dados pessoais), o custo alimentar representou em média 55% do custo total de produção, ou seja, considerando o preço médio pago ao produtor de R\$1,13/Litro, R\$0,59/Litro foram gastos com a alimentação. Isto demonstra a importância que a nutrição precisa tem na rentabilidade da atividade leiteira, principalmente se tratando de propriedades especializadas, fazendo com que o uso de exageradas margens de segurança no momento da formulação das dietas não seja mais tolerável.

A evolução genética do gado leiteiro ao longo das últimas décadas aumentou juntamente com a produtividade dos animais e também suas exigências nutricionais. Porém como os indivíduos se tornaram mais eficientes,

o consumo de matéria seca (CMS) não aumentou na mesma proporção que a produção de leite, sendo necessário o adensamento energético e proteico das dietas. Com este adensamento dietético, a nutrição de vacas leiteiras de alto rendimento passou a enfrentar o desafio de concomitantemente ao aumento na produção, também manter a saúde ruminal e longevidade destes animais.

Não há uma definição clássica ou única para nutrição de precisão, porém entendemos que seu conceito preza que as exigências nutricionais dos animais sejam atendidas pontualmente, sem deficiências ou excessos, maximizando o aproveitamento dos alimentos e consequentemente aumentando a eficiência na utilização dos mesmos, além de reduzir a excreção destes ao meio ambiente.

Dentro deste contexto, em uma propriedade leiteira admite-se que existam basicamente três dietas; 1) a dieta formulada pelo nutricionista, baseada na composição química dos ingredientes disponíveis, obtida através de análise laboratorial, valores disponíveis na biblioteca de alimentos do software de formulação ou na simples estimativa de sua composição, bem como nos dados de entrada do rebanho (peso dos animais, produção de leite, composição do leite, dias em leite, etc.), estimada na matéria seca e normalmente obtida com auxílio de programas de formulação de dietas; 2) a dieta do funcionário da fazenda responsável pela alimentação dos animais, função do carregamento dos ingredientes em matéria natural no misturador, homogêneos e então distribuídos no cocho; e 3) a dieta que realmente é consumida pelas vacas, determinada por todo o comportamento de ingestão destes indivíduos, principalmente seleção de partículas de diferentes tamanhos (Rossow e Aly, 2013).

É notório que durante todos estes processos vários erros podem ocorrer e alterar o resultado final que é a dieta consumida pelas vacas. Pouco é investigado e discutido na literatura sobre o impacto da variabilidade nas dietas de vacas leiteiras (precisão e acurácia) na produção e composição do leite. Assim, ainda não temos um consenso quantitativo e concreto da real amplitude de um mal manejo alimentar sobre tais parâmetros, e consequentemente na rentabilidade econômica da atividade.

No primeiro capítulo desta dissertação serão discutidos os principais pontos abordados na literatura referente a acurácia e precisão de dietas para

vacas leiteiras, bem como seus possíveis efeitos no desempenho animal. Já no segundo capítulo desta dissertação, avaliaremos a real acurácia e precisão das dietas de vacas leiteiras de alta produção de algumas bacias leiteiras do estado do Paraná, bem como seu impacto na produção e composição do leite.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ACURÁCIA E PRECISÃO DA DIETA

Dentro do conceito de nutrição de precisão, as três dietas citadas anteriormente (formulada, ofertada e consumida) devem ser iguais ou minimamente muito parecidas (acurácia), porém sabe-se que na realidade prática de fazendas leiteiras isto não é facilmente alcançado. Durante a formulação de uma dieta para vacas em lactação, o técnico responsável leva em consideração aspectos nutricionais para a produção de leite, reprodução, crescimento e manutenção da saúde ruminal, chegando finalmente a melhor solução técnica e econômica para determinado grupo de indivíduos. Após esta etapa encontra-se a primeira variação que podemos discutir no processo de alimentação de vacas leiteiras, a diferença entre a dieta formulada pelo nutricionista e a que realmente é disponibilizada no cocho para os animais.

Rossow e Aly (2013) ao acompanhar cinco rebanhos no Estado da Califórnia, Estados Unidos, durante 7 a 12 semanas com o objetivo de comparar a dieta formulada pelo nutricionista com a dieta ofertada aos animais em quatro lotes dentro das fazendas (lotes pré-parto, de 3 a 30, de 30 a 150, e acima de 150 dias em leite), observaram diferenças significativas em todas as dietas nos teores de: MS (4,5 pontos percentuais), Proteína Bruta (PB) (1,0 ponto percentual), Fibra em Detergente Neutro (FDN) (2,5 pontos percentuais), Lignina (0,45 ponto percentual), Cinzas (0,99 ponto percentual), Fósforo (0,027 ponto percentual) e Potássio (0,16 ponto percentual).

Do mesmo modo, Endres e Espejo (2010) realizaram esta avaliação em 50 fazendas no Estado norte-americano de Minnesota e observaram diferenças significativas em teores de PB (0,4 ponto percentual) e FDN (0,8 ponto percentual), porém não encontraram diferença nos teores de MS.

Dois observações mais recentes nesta linha de pesquisa foram realizadas no Canadá e no Brasil. Na primeira, Sova et al. (2014) analisando 22 rebanhos durante sete dias consecutivos, observaram diferença significativa

entre a dieta formulada e ofertada aos animais para teores de PB (0,4 ponto percentual), FDN (0,6 ponto percentual), Fibra em Detergente Ácido (FDA) (0,7 ponto percentual), Carboidratos não Fibrosos (CNF) (1,2 pontos percentuais), Energia Líquida de Lactação (EL_{lac}) (0,05 Mcal/kg), Ca (0,08 ponto percentual), P (0,02 ponto percentual), K (0,04 ponto percentual), Na (0,1 ponto percentual) e Mg (0,02 ponto percentual). De modo similar, no sul do Brasil, Carneiro et al. (2014) observaram incremento no teor de FDN (2 pontos percentuais) e redução no teor de PB (1 ponto percentual) ao comparar dietas formuladas e ofertadas a lotes de vacas de alta produção na bacia leiteira de Castro-PR.

Ambos os autores relatam que os erros associados a imprecisão entre a dieta formulada e ofertada incluem falhas na entrada de dados de gerenciamento do rebanho, erros na análise dos ingredientes ou na estimativa de seu valor nutricional, incoerências entre os valores da biblioteca de alimentos do software de formulação utilizado e a realidade dos alimentos utilizados na fazenda, e no sub ou sobre carregamento dos mesmos no momento de preparo da dieta total (TMR).

Rodriguez et al. (2015) avaliaram a precisão de carregamento dos ingredientes nos misturadores em 24 grandes fazendas da Califórnia, Estados Unidos, e observaram um erro médio de carregamento de 10% a mais ou a menos do peso esperado na balança, sendo que os ingredientes que possuíram pior assertividade foram os concentrados e misturas minerais. Este fato é facilmente explicado pelo fato de possuírem menor inclusão em matéria natural na dieta, e conseqüentemente pequenos desvios da meta de carregamento impactam significativamente na acurácia. Carregamentos exacerbados de concentrados, aumentando sua proporção na dieta final, além de implicar em custos adicionais sem reais incrementos de produção de leite, podem comprometer a estabilidade ruminal devido ao maior aporte de carboidratos de rápida fermentação sem prévia adaptação da microbiota ruminal.

Obviamente os erros de carregamento dos misturadores com excesso ou falta de ingredientes são dependentes de um bom funcionamento da balança utilizada, mas principalmente da qualidade do trabalho do colaborador da fazenda responsável pela atividade. James e Cox (2008) observaram um fato interessante: notaram que a maior frequência de erros ocorreu quando o

funcionário principal responsável pela atividade (>75% do tempo) executava a tarefa de carregamento dos ingredientes, enquanto o colaborador secundário (<25% do tempo) foi mais assertivo no preparo da alimentação. Os autores do trabalho justificaram que o colaborador principal pode desenvolver costumes indesejados na atividade devido ao excesso de confiança em suas tarefas.

Além da acurácia entre a dieta formulada e realmente ofertada aos animais, a precisão, ou seja, a repetibilidade da mesma composição nutricional da dieta disponibilizada para os animais dia a dia tem sido relatada como uma fonte de variação no desempenho de vacas leiteiras. No estudo de Sova et al. (2014), os autores observaram que a variação diária da dieta ofertada afetou negativamente a produção de leite, sendo que cada 0,5 ponto percentual desta variação na EL_{lac} , foi associado com 3,2 kg por dia a menos de leite produzido.

Segundo Weiss et al. (2012) um fator que exerce grande influência na imprecisão entre a dieta formulada e ofertada, é a variação da qualidade dos ingredientes ao longo do tempo, principalmente dos volumosos. Com o objetivo de avaliar esta variação, os autores acima citados coletaram amostras de silagem de milho de oito propriedades durante 14 dias consecutivos, analisando os teores de MS, FDN e amido. Para todas as fazendas, a variação média de concentração de amido na silagem de milho foi de 12,2 unidades percentuais ao longo do período estudado. A propriedade com a silagem de milho mais consistente teve um intervalo na concentração de amido de 6,3 pontos percentuais, enquanto que a mais variável teve um intervalo de 27,7 pontos percentuais durante os 14 dias. Os teores de FDN também variaram, embora menos que o amido, sendo que a fazenda mais consistente apresentou uma variação de 7,3 pontos percentuais, enquanto que na média a variação observada foi de 11,2 pontos percentuais. Esta variação na qualidade dos alimentos volumosos contribui significativamente para a inconsistência da dieta ofertada dia após dia.

É evidente que a falta de acurácia entre as dietas formulada e ofertada, e mesmo a falta de precisão (variação na composição química da dieta fornecida às vacas dia após dia) não são bem-vindas em uma exploração leiteira. Porém, ainda pouco se sabe que diferença é permitida sem que haja perdas significativas na produção de leite (Rossow e Aly, 2013; Weiss et al., 2012). Devido à falta de parâmetros científicos para averiguar a acurácia entre

as dietas formulada e ofertada, o extensionista norte-americano Michael Hutjens, citado por Almeida et al. (2013), sugere que ao compararmos as dietas formulada e ofertada, os teores de MS estejam entre uma faixa de ± 3 pontos percentuais, o teor de FDA entre ± 2 pontos percentuais, e o teor de PB entre ± 1 ponto percentual, indicando assim que ambas estão coerentes. Infelizmente não possuímos dados científicos que comprovem a eficácia desta recomendação de Hutjens.

Outra dieta de extrema importância é a realmente consumida pelos animais. Nesta etapa, a seleção no cocho pelas vacas é o efeito mais impactante. A observação deste comportamento tem sido descrita por alguns autores (DeVries et al., 2007; Endres e Espejo, 2010; Kononoff et al., 2003; Leonardi e Armentano, 2003), e em conjunto com a análise bromatológica e a distribuição do tamanho médio de partícula da dieta fornecida e sua sobra, demonstram que normalmente as vacas selecionam contra as partículas longas.

Endres e Espejo (2010), ao realizar um estudo em 50 fazendas leiteiras no Estado de Minnesota, Estados Unidos, com o objetivo de avaliar o manejo nutricional e suas relações com os níveis de FDN na dieta das vacas ao longo do tempo, coletaram uma amostra da dieta recém colocada no cocho e mais três amostras, uma a cada 2-3 horas, e uma das sobras totais. Os autores observaram nas sobras um incremento de 6,75 pontos percentuais no teor de FDN, redução de 1,52 pontos percentuais no teor de PB e redução de 2,7 pontos percentuais no teor de MS quando comparada a dieta fornecida. As fazendas que tiveram as maiores variações da concentração de FDN ao longo do tempo foram as mesmas que apresentaram altas proporções de partículas longas na dieta inicial.

As mesmas conclusões, porém em diferentes magnitudes, foram encontradas recentemente por Carneiro et al. (2014) em sistemas intensivos de produção no sul do Brasil, sendo o incremento de FDN e FDA de 9,0 e 6,0 pontos percentuais respectivamente, enquanto o teor de PB foi reduzido 1,5 ponto percentual quando comparado a dieta ofertada e as sobras de apenas 12 horas. Os autores ainda encontraram uma correlação positiva ($r=0,60$) e significativa entre a proporção de partículas longas na dieta ofertada e o teor de FDN nas sobras, indicando claramente o comportamento seletivo contra estas

partículas pelos animais.

Martin (2000) ao avaliar o tamanho médio de partícula da TMR de um rebanho leiteiro, encontrou alterações nas quantidades de partículas maiores que 19 mm e menores que 1,18 mm após 23,5 horas do fornecimento do alimento. A proporção de partículas maiores aumentou 6,3 vezes, enquanto que a proporção de partículas menores foi reduzida em 3 vezes. Do mesmo modo, DeVries et al. (2007) ao avaliar o comportamento seletivo de vacas alimentadas com diferentes inclusões de forragem na dieta (alta e baixa; 62,3 e 50,7% de forragem na MS, respectivamente), também observaram em ambos os tratamentos que as vacas selecionaram contra partículas maiores que 19 mm.

Kononoff et al. (2003) com o objetivo de avaliar a influência do tamanho médio de partícula da silagem de milho no comportamento ingestivo, observaram que nos tratamentos de maior tamanho de partícula, o teor de FDN das sobras aumentou com o passar do tempo, bem como a proporção de partículas longas, que passou de 15,5% na dieta inicial para 60,2% após 24 horas, diferentemente da proporção de partículas pequenas que foi reduzida com o passar do tempo, diminuindo de 30,3% no oferecido para 14,3% nas sobras.

Segundo alguns autores (Barmore, 2002; Devries et al. 2008; Shaver, 2001) este comportamento de seleção no cocho pode ser acentuado por diversos fatores, como por exemplo, o teor de MS da dieta (dietas mais secas são mais facilmente separadas pelos animais), a porcentagem prevista de sobras (sobras reduzidas podem aumentar o consumo de fibras longas em kg), o número de tratos diários (potencialmente reduzindo a seleção do alimento), o tempo de acesso ao cocho, o horário em que as vacas são alimentadas (vacas tendem a comer menos nos horários mais quentes do dia), épocas mais quentes ou mais frias do ano, entre outros. Porém em ambos os estudos, o tamanho de partícula exerceu o efeito mais relevante.

Esta seleção contra partículas longas pode reduzir o consumo de FDN e FDN fisicamente efetivo (FDNfe), aumentando o consumo de carboidratos não fibrosos e podendo afetar negativamente a manutenção da atividade ruminal, aumentando o risco de acidose subclínica, problemas de depressão da gordura do leite, dentre outros distúrbios metabólicos (Endres e Espejo, 2010; Leonardi

e Armentano, 2007; Almeida et al., 2013).

2.2 MONITORAMENTO DA HOMOGENEIDADE DA DIETA TOTAL MISTURADA (TOTAL MIXED RATION - TMR)

Um dos primeiros estudos realizados com o objetivo de avaliar o fornecimento de alimentos concentrados e volumosos em uma mistura única (TMR) foi realizado por McCoy et al. (1966). Neste estudo os autores observaram aumento de produção, de consumo de MS e do teor de gordura do leite quando forneciam a dieta na forma de TMR quando comparados a forragem separadamente ofertada do concentrado. O objetivo de se misturar todos os ingredientes e fornecê-los aos animais na forma de TMR é manter o fluxo de chegada dos nutrientes no rúmen mais constante ao longo do dia, sem que haja reduções muito acentuadas no pH ruminal em períodos específicos, aumentando o sincronismo entre energia e proteína e, conseqüentemente maximizando o aproveitamento dos alimentos (Devries et al., 2005).

Uma das práticas ressaltada por Almeida et al. (2013) para que as três dietas dentro da fazenda sejam mais acuradas é o monitoramento da homogeneidade da dieta total (TMR), pois caso a mesma não esteja devidamente misturada, o alimento que um animal consome em determinado ponto do cocho pode não conter as mesmas concentrações de nutrientes em outro, ou mesmo a seleção do alimento pode ser facilitada (Zebeli et al., 2012). Assim, Oelberg (2011) propõe uma metodologia para se avaliar a consistência da TMR utilizando o conjunto de peneiras Penn State. O autor propõe que sejam coletadas 10 amostras ao longo de toda a extensão do cocho no momento em que o alimento é fornecido, antes que os animais tenham acesso. Em cada amostra é realizada a avaliação da distribuição do tamanho médio de partículas com o conjunto de peneiras Penn State, e então é calculado o coeficiente de variação entre as mesmas. Sugere-se que coeficientes de variação abaixo de 5% entre as peneiras indicam boa consistência do processo de mistura, e valores acima de 5% indicariam que a dieta tem possibilidades de

melhora no quesito qualidade de mistura.

Ainda segundo Oelberg (2011) vários fatores podem interferir na homogeneidade final da TMR. Dentre eles o tempo de mistura possui efeito significativo, onde dietas satisfatoriamente homogêneas são obtidas após 3 a 5 minutos de mistura depois que o último ingrediente é adicionado no misturador. Heinrichs et al. (1999) ao avaliar o efeito do tempo de mistura na redução do tamanho de partícula de TMR, enfatizaram o cuidado com tempos de mistura excessivos, que podem reduzir demasiadamente o tamanho das partículas e, conseqüentemente, reduzir sua efetividade em promover a ruminação. Entretanto Lopes (2011), avaliando o tempo de mistura como fator a reduzir o tamanho de partículas apenas observou efeito significativo após 21 minutos de mistura. Evidentemente o tempo de mistura ideal é variável conforme as características dos alimentos disponíveis, as condições do equipamento e o modelo do mesmo (horizontal ou vertical).

Outro fator que pode comprometer a homogeneidade da mistura é a ordem em que os ingredientes são incluídos no vagão misturador. Desconsiderando as particularidades de cada equipamento, recomenda-se que primeiramente sejam carregados fenos e pré-secados, posteriormente os concentrados e minerais, e depois a silagem de milho. Se for o caso, ingredientes líquidos ou água devem ser incluídos por último. Inserindo primeiramente os fenos e silagens pré-secadas na mistura (que geralmente apresentam maior tamanho de partícula), estes teriam seu tamanho reduzido pelo vagão misturador enquanto são misturados, favorecendo com que os mesmos sejam mais eficientemente incorporados à dieta, melhorando a sua consistência (Almeida et al., 2013; Oelberg, 2011; Zebeli et al., 2012).

Segundo Heinrichs et al. (1999), o comprimento da forragem muitas vezes é excessivamente longo, o que acaba prejudicando a homogeneidade da mistura e facilitando a sua separação pelos animais. Segundo Mikus (2012), fenos e pré-secados armazenados em bolas (fardos redondos) geralmente causam dietas mais inconsistentes, pois em seu modo de recolhimento e armazenamento, as fibras se apresentam mais longas, dificultando a homogeneização na TMR e causando maior desgaste das facas do misturador.

O sub ou sobre carregamento do vagão misturador também pode comprometer a sua capacidade de mistura, avaliando apenas este efeito,

Barmore (2002) encontrou melhores resultados quando o equipamento foi preenchido entre 60-80% de sua capacidade máxima de carga, sendo que subcarregamentos podem não fornecer a pressão necessária para que o alimento seja picado, e o sobrecarregamento simplesmente extrapolar a capacidade que o equipamento possui de misturar e reduzir o comprimento dos ingredientes.

Carneiro et al. (2014), utilizando a metodologia de avaliação proposta por Oelberg (2011), avaliaram a qualidade da dieta total e seu impacto sobre o comportamento seletivo em lotes de alta produção de rebanhos paranaenses, concluindo que em média o grupo avaliado possuía boa homogeneidade da mistura, porém esta era muito variável entre as fazendas. Ainda foi demonstrado que a má qualidade de mistura favoreceu a maior seleção contra as partículas longas e conseqüentemente aumentou o teor de FDN nas sobras.

O manejo de preparo da TMR é pouco discutido na literatura, porém pesquisas recentes (Zebeli et al., 2012) têm indicado a possível influência dos aspectos físicos da dieta ofertada sobre o desempenho e saúde das vacas leiteiras especializadas, tornando fundamental maiores investigações na área.

2.3 MONITORAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULAS

A importância do tamanho das partículas na nutrição de vacas leiteiras é conhecida há muito tempo (Van Soest, 1994), sendo que suas funções vão além de estimular a ruminação. A taxa de passagem de determinado alimento é função, dentre outros fatores como a taxa de consumo, de seu tamanho físico, podendo ser rapidamente expulso do trato gastrointestinal caso seu tamanho não seja suficiente para retê-lo principalmente no rúmen, sendo assim menos aproveitado pelo animal (Heinrichs et al., 1999). Outra contribuição importante do tamanho das partículas é o estímulo físico de receptores epiteliais do rúmen pelo volume por elas gerado, estimulando a movimentação do órgão e contribuindo para a maior absorção dos ácidos graxos voláteis (AGV) pelo epitélio, bem como a maior taxa de passagem destes para o

omaso, onde também serão absorvidos (Zebeli et al., 2008). Esta movimentação ruminal se torna ainda mais importante quando trabalhamos com vacas de alto consumo de MS, em que a produção de ácidos e o volume do rúmen são bastante expressivos. Neste caso, a taxa de absorção dos AGV, bem como sua taxa de passagem, tornam-se os principais meios de neutralização do pH ruminal. Outra função do tamanho de partícula, em conjunto com a densidade das mesmas, é a formação e manutenção do *mat* ruminal, estrutura de organização das partículas dentro do rúmen que possibilita a retenção de partículas finas e de maior densidade por mais tempo dentro do órgão, permitindo assim plena atuação da microbiota, maximizando seu aproveitamento.

O principal objetivo na análise do tamanho da partícula da dieta é medir a distribuição do mesmo nos alimentos que as vacas consomem, após os processos de mistura e distribuição (Lammers et al., 1996). Para determinar quantitativamente a distribuição do tamanho da partícula estão descritos dois métodos. O primeiro e mais antigo é o método estabelecido pela Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas (ASAE – American Society of Agricultural Engineers). É um método de análise do tamanho de partícula realizado através de um dispositivo laboratorial grande e imóvel, equipado com cinco peneiras com crivos de diferentes tamanhos e um fundo fechado, para separar partículas em seis frações, de acordo com a ASAE (1993) (Heinrichs et al., 1999). Porém este método é pouco aplicável a nível de campo, limitando sua utilização de forma cotidiana.

Para simular o método laboratorial complexo da ASAE através de um método mais simples, foi criado o Separador de Partículas da Universidade da Pensilvânia (PSPS – Penn State Particle Separator) (Heinrichs e Kononoff, 2004). Este método simplificado (Lammers et al., 1996) era composto por duas peneiras e um fundo fechado. Este separador de partículas, o original introduzido em 1996, provou ser de grande valor na medição do tamanho de partícula dos alimentos. Contudo, numa pesquisa de 831 amostras recolhidas de TMR em fazendas comerciais, constatou-se que em média 58% do volume das amostras era inferior às duas peneiras do conjunto (com tamanhos de crivo de 19 e 8 mm, respectivamente) (Heinrichs e Kononoff, 2004). Ficou então definido que para melhor caracterizar estas partículas menores era necessário

implementar uma forma de as medir com mais detalhes. Como resultado desta observação, foi adicionado uma peneira de 1,18 mm ao conjunto, pois partículas de alimento inferiores a este tamanho são rapidamente digeridas no rúmen, ou passam rapidamente por ele, não sendo efetivas em estimular a ruminação (Heinrichs e Kononoff, 2004; Mertens, 1997).

O atual PSPS é então composto por quatro peneiras, sendo que a ordem pela qual devem ser colocadas é: a peneira com maior diâmetro de poro (peneira superior com crivo de 19 mm) em cima, seguido da peneira com poro de diâmetro médio (crivo de 8 mm), depois a peneira com o menor tamanho de poro (peneira inferior com crivo de 1,18 mm) e por último um fundo fechado, onde serão depositadas as partículas inferiores a 1,18 mm (Heinrichs e Kononoff, 2004). Este é o método mais utilizado hoje em dia, por ser o mais simples e que tem maior grau de aplicação nas fazendas leiteiras.

O processo de separação de partículas pelo PSPS deve ser realizado da seguinte forma; as peneiras devem ser colocadas pela ordem anteriormente descrita; depois devem ser colocadas aproximadamente 500 gramas do material a ser avaliado na peneira superior. Em uma superfície plana movimenta-se o conjunto em determinada direção cinco vezes, rodando depois a caixa separadora um quarto de volta (não devem existir movimentos verticais); repete-se o processo anterior sete vezes, num total de oito séries ou quarenta vezes a agitação (Heinrichs e Kononoff, 2004). A força e a frequência ao agitar deve ser suficiente para deslizar as partículas ao longo da superfície da peneira, permitindo que aquelas que forem inferiores ao tamanho do poro passem pelo mesmo. A frequência recomendada ao realizar o movimento é de pelo menos 1,1 Hz (aproximadamente agitar 1,1 vez por segundo), num percurso de 17 cm. Para melhores resultados, deve-se calibrar a frequência do movimento no tal percurso de 17 cm para um número de vezes concreto. O número de movimentos total dividido pelo tempo em segundos resulta num valor de frequência que pode ser comparado com o valor de 1,1 Hz recomendado. Depois de completo o processo de separação, pesa-se o material retido em cada peneira e determina-se qual sua proporção.

2.4 FIBRA FISICAMENTE EFETIVA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS

Vacas leiteiras de alta produção possuem altas exigências energéticas e proteicas, tornando necessário que produtores e nutricionistas incluam proporções significativas de ingredientes concentrados em suas dietas para que tais exigências sejam atendidas, limitando a inclusão de forragem (Almeida et al., 2013; Zebeli et al., 2008). Mesmo em tais circunstâncias, quantidades mínimas de fibra devem ser ingeridas pelos animais para que o ambiente ruminal se mantenha estável, o teor de gordura do leite não seja reduzido, bem como a digestibilidade da fibra não sejam prejudicada (Almeida et al., 2013, Allen, 1997; Mertens, 1997).

As recomendações mínimas do conteúdo de fibra para vacas leiteiras sugeridas pelo penúltimo NRC para bovinos leiteiros (NRC, 1989) são de 25% FDN na MS da dieta, sendo que 75% deste, ou seja, 19% do FDN total deve ser oriundo de algum tipo de forragem. Já o último NRC para bovinos leiteiros (NRC, 2001) admite valores de FDN oriundo de forragem inferiores a 19%, mas para cada redução de 1 ponto percentual no FDN forragem, a dieta deve ser compensada com a inclusão de 2 pontos percentuais de FDN total, normalmente oriundo de subprodutos fibrosos.

Quando quantidades excessivas de fibra são incluídas na dieta, a densidade energética é reduzida, o consumo é limitado e a produtividade também pode ser afetada. Porém em situações que a quantidade de fibra incluída na dieta é muito restrita, uma variedade de problemas pode surgir, desde alterações na fermentação ruminal, com grandes produções de ácidos e conseqüente queda do pH, aumento da incidência de problemas de casco, depressão do teor de gordura do leite, redução da digestibilidade da fibra e casos de acidose ruminal subaguda (SARA) podem ocorrer. Apesar da acidose láctica aguda ser grave e ter sérias conseqüências clínicas nos animais, os efeitos ruminais causados pela SARA causam maior impacto econômico dentro de uma propriedade leiteira, pois tem grande potencial de comprometer a saúde do rebanho a médio e longo prazo (Mertens, 1997).

Mertens (1997) e Allen (1997) ressaltam a importância de não utilizar apenas características químicas dos alimentos para balancear requerimentos

de fibra na dieta de vacas leiteiras, mas também características físicas, principalmente o tamanho da partícula. As características físicas do alimento, mais especificamente o tamanho da fibra, exercem grande influência na saúde ruminal, estimulam a mastigação e a ruminação (e por consequência a produção de saliva rica em tampões) e a retenção da fibra no rúmen, entendendo-se essas características por efetividade física da fibra.

O conteúdo de FDN fisicamente efetivo (FDNfe) de um alimento é o produto da multiplicação de sua concentração de FDN pelo seu fator de efetividade, que por definição varia de 0, quando o FDN do alimento não é eficaz em estimular a mastigação, a 1, quando o mesmo é totalmente eficaz (Mertens et al., 1997). O mesmo autor ao fazer uma meta análise de dados, demonstra claramente a relação entre o tamanho de partícula e a atividade mastigatória em vacas leiteiras (Tabela 1), tanto em minutos por kg de matéria seca ingerida, como minutos por kg de FDN ingerido.

TABELA 1 – Relação entre o tamanho de partícula de diversos tipos de forragem e a atividade mastigatória em minutos por kg de matéria seca e em minutos por kg de FDN.

Alimento e forma física	FDN (%MS)	Atividade mastigatória (min./kg MS)	Atividade mastigatória (min./kg FDN)
Feno de alfafa			
Longo	54	72	100
Picado (3,8 cm)	54	59	82
Feno capim bermuda			
Longo	72	108	100
Picado (3,8 cm)	72	85	79

FONTE: Adaptado de Mertens (1997).

Zebeli et al. (2006) ao realizar uma meta análise de 33 experimentos publicados entre 1997 e 2005, mostraram uma forte correlação entre concentração de FDNfe na dieta e pH ruminal (Figura 1). Reforçando a relação entre características físicas do alimento e sua capacidade de manutenção da saúde ruminal por meio do estímulo a maior produção de saliva, Allen (1997) relatando dados de 27 experimentos, demonstra que somente a concentração

de FDN na dieta não é um parâmetro eficaz para manutenção do pH ruminal (Figura 2). A queda do pH devido à baixa concentração de FDNfe na dieta pode causar redução na ingestão de alimento, na motilidade ruminal, na digestão da fibra no rúmen e na produção de proteína bacteriana (Allen, 1997; Yang e Beauchemin, 2005), tendo assim efeitos negativos na ingestão de energia e absorção de proteínas, os principais fatores que limitam as altas produções de leite.

Mertens (1997) embasado em estudos anteriores determinou que o tamanho mínimo de partícula para ser considerado efetivo era de 1,18 mm, sendo que acima deste tamanho a partícula não escaparia do rúmen, ficando por mais tempo retida e assim estimulando a ruminação. Porém, dados recentes (Heinrichs e Kononoff, 2002; Kononoff, 2003; Zebeli, 2012) demonstram que o tamanho crítico para que a partícula não escape do rúmen, e ser realmente efetiva é próximo a 4mm, indicando que um novo modo de cálculo para estimar FDNfe pode ser necessário.

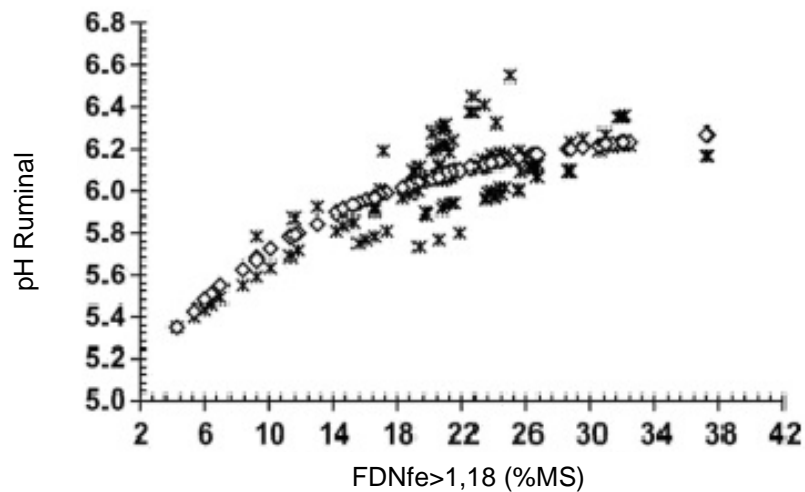


Figura 1 – Relação entre pH ruminal e níveis de fibra fisicamente efetiva da dieta total.

FONTE: Adaptado de Zebeli et al. (2006).

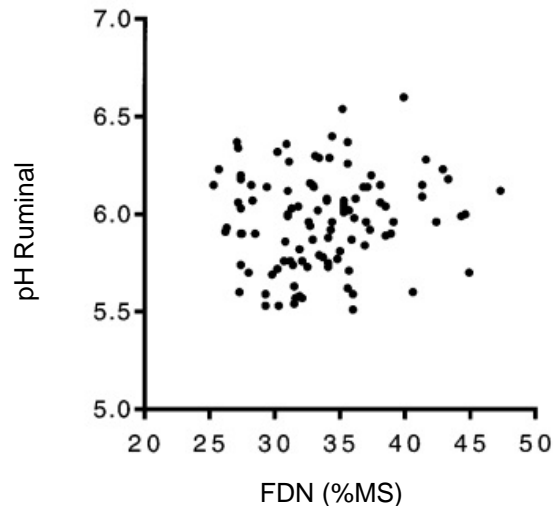


Figura 2 – Relação entre pH ruminal e níveis de FDN da dieta total.
 FONTE: Adaptado de Mertens (1997).

Diversos pesquisadores (Mertens, 1997; Zebeli et al., 2006) afirmam que um dos fatores limitantes na utilização do parâmetro FDN_{fe} na formulação de dietas para vacas leiteiras é a dificuldade em mensurar o seu conteúdo em alimentos e dietas, de modo rápido e que possa ser utilizado imediatamente. Um grande avanço dos últimos anos para a aplicabilidade e utilização destes parâmetros na formulação de dietas para bovinos leiteiros foi a criação do conjunto PSPS, já discutido anteriormente. Com a utilização deste conjunto de peneiras, Mertens (1997) sugere que o conteúdo de FDN_{fe} seja calculado multiplicando a soma da proporção de partículas retidas na peneira de 19, 8 e 1,18 mm na MS pelo teor de FDN da dieta ou forragem em questão (FDN_{fe}>1,18). Considerando as investigações mais recentes que indicam uma maior assertividade ao predizer a saúde ruminal utilizando as partículas apenas superiores a 6 mm, Zebeli et al. (2008) sugerem a utilização do parâmetro FDN_{fe}>8, determinado multiplicando a proporção da MS retida nas peneiras de 19 e 8 mm pelo teor de FDN total da dieta ou alimento. Um dos inconvenientes que ainda persistem neste método para se estimar o conteúdo de FDN_{fe}, é a admissão que todas as porções retidas em cada uma das peneiras tenham a mesma concentração de FDN, o que obviamente não é verdadeiro.

As recomendações de Mertens (1997) para o conteúdo de FDN_{fe}>1,18 são de 22% para manter um pH médio do rúmen de 6,0, e 20% para manter a porcentagem de gordura no leite de vacas Holandesas em meio da lactação ao

redor de 3,4%. Zebeli (2012) ao fazer uma revisão do assunto utilizando o conjunto de peneiras Penn State com o objetivo de determinar exigências de FDNfe na dieta de vacas leiteiras para prevenir SARA, sugeriu níveis de 31,2% de FDNfe > 1,18 ou 18,5% FDNfe considerando apenas as partículas retidas nas peneiras de 19 e 8 mm (FDNfe > 8).

Dentre os inconvenientes do conceito de FDNfe é que o mesmo não leva em consideração as diferenças de fermentação no rúmen de alimentos distintos. Numerosos estudos (Allen, 1997; De Brabander et al., 2002; Zebeli et al., 2006) relataram que a inclusão da matéria orgânica fermentescível no rúmen ou do amido como uma variável em um modelo, juntamente com a fibra dietética, comprimento de partículas ou FDNfe, aumentaria a precisão da estimativa do pH ruminal ou do teor de gordura do leite. O conteúdo de FDNfe pode interagir com o conteúdo de carboidratos fermentáveis no rúmen e com o nível de CMS, modificando a resposta da fermentação ruminal. O nível de ingestão de alimentos pode determinar mudanças quantitativas e qualitativas importantes, particularmente na taxa de passagem e de digestão cinética no rúmen-retículo (Firkins et al., 2001), que também pode confundir a resposta de pH ruminal para FDNfe dietético. Por exemplo, vacas de alta produção com elevado nível de consumo possuem uma maior produção de ácidos no rúmen e uma maior dificuldade em sua absorção, devido ao grande volume produzido.

Parte da dificuldade em avaliar a adequação da fibra alimentar na determinação das exigências de FDNfe para vacas leiteiras também pode estar relacionada com a interpretação da resposta do pH ruminal e seu efeito sobre a degradação da fibra ou o desenvolvimento de SARA. O pH ruminal de vacas leiteiras não é constante, flutuando consideravelmente em um período de 24 horas. Em animais de alto rendimento, alimentadas com dietas de alta inclusão de concentrado (> 45% da dieta em MS), o pH ruminal geralmente varia de 6,6 antes da alimentação matinal para 5,3 ou 5,0 durante a fase intensiva de fermentação, com pH médio normalmente em 6,0 ou 6,1. Normalmente, o pH ruminal cai abaixo desses níveis médios por períodos consideráveis durante os ciclos de alimentação.

Além disso, o pH do rúmen que define um quadro de SARA ainda não é um consenso, com diferentes pesquisadores utilizando diferentes limiares de pH; 5,6 (Keunen et al., 2002), 5,8 (Beauchemin et al., 2003), ou 6,0. O período

de tempo diário em que o pH está em níveis "sub-ótimos" (Beauchemin et al., 2003; Krause et al., 2006) parece um melhor determinante para indicar saúde ruminal, porém a duração de tempo para o qual o pH ruminal deve permanecer abaixo desse valor limiar sem que haja comprometimento das funções normais do rúmen ainda não foi adequadamente definido.

A complexidade das interações entre o consumo de MS, o tipo de forragem e a degradabilidade ruminal de diferentes alimentos, bem como a incerteza na definição da resposta do pH ruminal, torna difícil caracterizar quantitativamente os efeitos do FDNfe sobre a fermentação ruminal e a prevenção de SARA. Esses fatores também dificultam recomendações sobre seus níveis dietéticos ideais. Nesse contexto, mais pesquisas devem ser direcionadas para que possamos prever a funcionalidade ruminal dos animais e apoiar uma tomada de decisão ótima na formulação de dietas saudáveis para vacas leiteiras (Dijkstra et al., 2007).

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nutrição de precisão é indispensável para a máxima rentabilidade da atividade leiteira, com os atuais altos custos de alimentação, seja pela produtividade alcançada, maior aproveitamento e racionalidade de utilização dos nutrientes, ou maior saúde e conseqüentemente longevidade dos animais. No entanto, nosso conhecimento sobre o impacto da nutrição de precisão na produção e composição do leite ainda é restrito e pouco conclusivo. Das pesquisas realizadas, diversas foram desenvolvidas em situações experimentais controladas, onde poucos efeitos eram testados. Mais investigações precisam ser conduzidas em situações reais, onde diversas variáveis interagem e retratam a realidade de uma fazenda leiteira. O entendimento do comportamento alimentar de vacas leiteiras é crucial para que algumas exigências nutricionais sejam mais assertivamente estabelecidas, uma vez que a ingestão de nutrientes não é constante ao longo do dia, alterando a

digestão dos alimentos e suas interações previstas pelo modelo nutricional. Incluir dados de manejo e de comportamento alimentar nos modelos, é tornar a nutrição de vacas leiteiras mais precisa e acurada.

REFERÊNCIAS

ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1447-1462, 1997.

ALMEIDA, R; LIMA, I. M.; RAMIRES, C. H. Nutrição de precisão em vacas leiteiras. XXIII Congresso Brasileiro de Zootecnia. **Anais...Foz do Iguaçu**, 2013, p. 4884-4894.

BARMORE, J. A. Fine-tuning the ration mixing and feeding of high producing herds. Tri-State Dairy Nutrition Conference, 2002. **Proceedings...** p. 103-126.

BEAUCHEMIN, K. A.; YANG, W. Z.; RODE, M. L. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, rumen fermentation, and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.630-643, 2003.

CARNEIRO, J. H.; SANTOS, J. F.; SCHMIDT, P.; ALMEIDA, R. Accuracy of total mixed rations fed on dairy herds of Castrolanda, Paraná. 51ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...Barra dos Coqueiros**, 2014.

CHINELATO, G. A.; BARBIERI, J. B. Bom dimensionamento do silo reduz perdas de matéria seca. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/leite/custos/2013/05Jul_Ago.pdf> Acesso: 10/12/2013.

DE BRABANDER, D. L., DE BOEVER, J. L.; VANACKER, J. M., GEERTS, J. M. Evaluation and effects of physical structure in dairy cattle nutrition. In Recent developments and perspectives in bovine medicine Congress, **Proceedings...**Hannover, Germany, p.182-197, 2002

DEVRIES, T. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; KEYSERLINGK, A. G. Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 5572-5579, 2007.

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, p. 3958-3967, 2008.

DEVRIES, T.; KEYSERLINGK, J. M. A. G.; BEAUCHEMIN, K. A. Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 3553-3562, 2005.

DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; MILLS, J. A. N.; PELLIKAAN, W. F.; LOPEZ, S.; BANNINK, A.; FRANCE, J. Predicting the profile of nutrients available for absorption: From nutrient requirement to animal response and environmental impact. **Animal**, v.1, p. 99-111, 2007.

EASTRIDGE, M. L. Major advances in applied dairy cattle nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 1311-1323, 2006.

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

FIRKINS, J. L., EASTRIDGE, M. L.; ST-PIERRE, N. R.; NOFTSGER, S. M. Effects of grain processing on starch utilization by lactating dairy cattle. **Journal Animal Science**, v.79, p. 218-238, 2001.

HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R.; LAMMERS, B.P. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 180-186, 1999.

JAMES, R. E., COX, B. Feeding management to reduce the environmental impact of dairy farms. 45th Florida Dairy Prod. Conference. **Proceedings**...University of Florida, Gainesville. p. 31-42, 2008.

KEUNEN, J. E.; PLAIZIER, J. C.; KYRIAZAKIS, I.; DUFFIELD, T. F.; WIDOWSKI, T. M.; LINDINGER, M. I.; MCBRIDE, B. W. Effects of a subacute ruminal acidosis model on the diet selection of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, p. 3304-3313, 2002.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, 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, p. 1858-1863, 2003.

KRAUSE, K. M., OETZEL, Z. R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. **Animal Feed Science Technology**, v.126, p. 215-236, 2006.

LAMMERS, B. P., BUCKMASTER, D. R.; HEINRICHS, A. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v.79, p. 922-928, 1996.

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L. E. Short Communication: Feed selection by dairy cows fed individually in a tie-stall or as a group in a free-stall barn. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 2386-2389, 2007.

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L. E. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p. 557-564, 2003.

LOPES, A. R. M. F. **Influência do processo de mistura na composição química e física do alimento único para vacas leiteiras**. Dissertação da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

MARTIN R. Evaluating TMR particle distribution: A series of on-farm case studies. Four-State Prof. Dairy Mgmt. Seminar. 2000. **Proceedings...** Dubuque, IA, p. 75-78.

MCCOY, G. C.; THURMON, H. S.; OLSON, H. H.; REED, A. Complete feed rations for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 49, p. 1058-1063, 1966.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

MIKUS, J. H. Diet consistency: Using TMR Audits™ to deliver more from your feed, equipment, and people to the bottom line. High Plains Dairy Conference, 2012. **Proceedings...** Amarillo, Texas, 2012, p. 27-36.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7th Rev. Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.

OELBERG, T. TMR Audits™ improve TMR consistency. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop, 2011. **Proceedings...** Grantville, PA, 2011, p.81-86.

RODRIGUES, S.; TRILLO, T.; LAGO, A.; SILVA-DEL-RIO, N. Description of close-up cow recipes in California dairies. Joint Annual Meeting (ADSA - ASAS). **Proceedings...** Orlando, Florida, v. 98, p.112, 2015.

ROSSOW, H. A.; ALY, S. S. Variation in nutrients formulated and nutrients supplied on 5 California dairies. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 7371-7381, 2013.

SHAVER, R.D. Prevention of displaced abomasums. Tri-State Dairy Nutrition Conference, 2001. **Proceedings...** Fort Wayne, IN. The Ohio State University, Columbus., p. 35-44.

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, p. 562-571, 2014

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed. Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1994. p.337-353.

ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J. R.; TAJAJ, M.; BOGUHN, J.; AMETAJ, B. N.; DROCHNER, W. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 1041-1056, 2012.

ZEBELI, Q.; DIJKSTRA, J.; TAJAJ, M.; STEINGASS, H.; AMETAJ, B. N.; DROCHNER, W. Modeling dietary fiber adequacy in dairy cows based on responses of ruminal pH and milk fat production to diet composition. **Journal of Dairy Science**, v.91, p. 2046-2066, 2008.

ZEBELI, Q.; TAJAJ, M.; STEINGASS, H.; METZLER, B.; DROCHNER, W. Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 651-668, 2006.

WEISS, W. P.; SHOEMAKER, D.; MCBETH, L.; YODER, P.; ST-PIERRE, N. Within farm variation in nutrient composition of feeds. Tri-State Dairy Nutrition Conference, 2012. **Proceedings...** p. 103-117

YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 1090-1098, 2005.

CAPÍTULO II – ACURACIA E PRECISÃO DE DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS DE ALTA PRODUÇÃO E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE

RESUMO

Apesar de todo o tempo gasto para a formulação de uma ótima dieta, é evidente que a dieta ofertada as vacas e a que realmente é consumida podem não refletir com precisão a formulação original. Para avaliar o efeito do manejo alimentar e da nutrição de precisão sobre a produção e composição do leite, 20 rebanhos leiteiros comerciais de alta produtividade da região dos Campos Gerais – PR, foram visitados durante três dias consecutivos nos meses do outono de 2015. Informações relacionadas ao manejo alimentar e de preparo da TMR, e as características físicas e químicas das dietas oferecidas e sobras foram coletadas durante os três dias de visitas. O desempenho produtivo e as características do leite do lote de alta produção da fazenda, grupo avaliado no presente estudo, foram obtidos através do controle leiteiro oficial, realizado em média 1 ± 5 d antes ou depois do período de coleta de dados. Além da estatística descritiva, correlações simples de Pearson foram determinadas entre as variáveis de manejo e de dieta com a produção, composição do leite, e comportamento de seleção. Erros associados ao carregamento em excesso dos ingredientes concentrados influenciaram negativamente o teor de gordura (%G) ($r = -0,52$; $p = 0,05$) e a produção de leite ($r = -0,47$; $p < 0,05$). O excesso de partículas longas nas forragens foi associado a redução do %G e da relação gordura/proteína (%G/%P) do leite. A variação diária do teor de matéria seca da dieta ofertada aumentou a proporção de vacas com %G/%P inferior a 1 e reduziu a %G/%P ($r = 0,40$; $p = 0,09$ e $r = -0,43$; $p = 0,07$ respectivamente). A baixa homogeneidade das partículas longas da dieta foi correlacionada positivamente com o aumento de seleção contra estas pelas vacas ($r = -0,64$; $p < 0,05$), que por sua vez apresentou comportamento curvilíneo com o %G. Estes resultados confirmam que o manejo alimentar e a precisão da dieta afetam a produção de leite e suas características.

Palavras-chave: Manejo alimentar, ração total misturada, comportamento de seleção.

ABSTRACT

Despite all the time taken for the formulation of an optimal diet, it is clear that diet offered to cows and it is actually consumed may not accurately reflect the original formulation. To evaluate the effect of feeding management and the accuracy of nutrition on milk production and composition, 20 commercial dairy herds with high productivity of the Campos Gerais country, Paraná State, were visited for 3 consecutive days in the autumn months of 2015. Related information of the feed management and preparation of TMR, and the physical and chemical characteristics of the offered diets and orts were collected during the three days of visits. The production performance and characteristics of the milk batch of high productivity farms, group assessed in this study, were obtained from the official milk control, performed on average 1 ± 5 d before or after the data collection period. Besides descriptive statistics, simple Pearson correlations were determined between the management variables and diet with production, milk composition, and feed sorting. Errors associated of loading in excess of the concentrated ingredients adversely affected the fat (%G) ($r = -0.52$; $p=0.05$) and milk production ($r = -0.47$, $p<0.05$). The excess of long particles in the fodder has been associated with decrease in %G and fat/protein ration (%G/%P) of milk. The daily variation of the dry matter content of the offered diet increased the proportion of cows with %G/% P less than 1, and reduced the %G/% P ($r = 0.40$; $p=0.09$ and $r = -0.43$; $p=0.07$ respectively). The low homogeneity of the long particles diet was positively correlated with increased by selection against these cows ($r = -0.64$; $p<0.05$), which showed a curvilinear behavior with %G. These results confirm that the feeding management and diet of the accuracy affect the milk production and characteristics.

Keywords: Feed management, total mixed ration, feed sorting.

1. INTRODUÇÃO

Dietas completas ou totais foram introduzidas para proporcionar um fornecimento mais constante de nutrientes para os microrganismos ruminais, maximizando seu funcionamento e a eficiência da utilização dos alimentos (Coppock et al., 1981). A variação na composição da dieta (em aspectos físicos e químicos) é inevitável, e pode afetar a saúde e a produção, incluindo incidência de deslocamento de abomaso e flutuações na composição do leite (Stone, 2008). Porém, a magnitude da variabilidade de nutrientes sobre a flutuação de produção de leite ainda é desconhecida, mas é observado que o aumento da variabilidade de nutrientes diminui a produção de leite (Stone, 2008; Weiss et al., 2012).

É geralmente aceito que pelo menos 3 dietas são possíveis em uma fazenda leiteira. A primeira, a dieta do nutricionista, estimada na base da matéria seca e normalmente formulada com o auxílio de programas de formulação; a dieta do funcionário, resultante do carregamento e mistura dos ingredientes no vagão misturador e disponibilizada no cocho aos animais; e finalmente a dieta realmente consumida pelas vacas. É fácil de perceber que muitas coisas podem dar errado entre a formulação da dieta pelo nutricionista e o consumo desta pelos animais. O ideal numa boa fazenda leiteira, onde os princípios da nutrição de precisão são seguidos, é que as quatro dietas acima descritas estejam muito próximas.

Em cada etapa do processo de mistura da dieta completa e seu fornecimento, variação no teor de nutrientes pode aumentar dependendo do manejo alimentar empregado (Kertz, 1998). Os teores de MS e a composição bromatológica dos ingredientes da dieta no computador podem não estar atualizados com as condições presentes dos mesmos; o vagão de alimentação ou a balança de pesagem podem não estar calibrados corretamente; misturadores podem não estar em boas condições de manutenção; além de erros associados a pesagem, mistura e descargas da dieta podem alterar o

perfil e a quantidade de nutrientes entregue às vacas.

O comportamento seletivo de vacas leiteiras contra fibras longas tem sido frequentemente relatado na literatura, caracterizado como aumento do teor de FDN e partículas longas nas sobras comparado ao alimento disponibilizado (Endres e Espejo, 2010). A maior ou menor intensidade de seleção é determinada por diversos fatores, tais como teor de MS da dieta, qualidade da fibra, número de tratos diários, taxa de lotação, espaçamento de cocho e principalmente a distribuição do tamanho de partículas. O excesso de partículas longas (>19mm) na dieta com intenção de reduzir os riscos de SARA pode não ser uma estratégia muito efetiva, uma vez que a facilidade de seleção pode reduzir significativamente o consumo destas e indiretamente aumentar o de carboidratos de rápida fermentação (Carneiro et al., 2014; Devries et al., 2008). Seleção da TMR pode resultar em vacas consumindo uma ração com uma composição de nutrientes diferente do fornecido, normalmente com uma menor proporção de forragem (Leonardi e Armentano, 2003), o que pode afetar negativamente a produção de leite e o teor de gordura do rebanho (Sova et al., 2014).

A grande maioria das pesquisas na área de comportamento alimentar tem sido realizada em experimentos controlados. Embora estas investigações tenham sido cruciais para a compreensão da relação entre comportamento alimentar e as práticas de manejo, existe uma escassez de dados sobre a forma como estas práticas influenciam a produtividade a nível de rebanhos comerciais. O manejo alimentar como o aumento da frequência de alimentação e a redução do tamanho de partículas, reduzem a extensão de incremento do FDN ao longo do dia (Endres e Espejo, 2010) na dieta efetivamente fornecida. Além disso, Bach et al. (2008) relataram que 50% da variabilidade na produção de leite dos rebanhos alimentados com uma dieta idêntica foram atribuídas a fatores não dietéticos. Os resultados encontrados por estes pesquisadores ilustram a importância do manejo alimentar, porém há limitações mesmo nestas poucas publicações. Endres e Espejo (2010) usaram apenas a mudança de FDN para a determinação de seleção, em vez de avaliar alterações no consumo de diferentes partículas da dieta. Além disso, esses pesquisadores (Endres e Espejo, 2010) limitaram a sua coleta de dados para um único dia de dados por rebanho. A composição química das partículas de diferentes

tamanhos também não foi relatada, porém esta foi demonstrada por Leonard e Armentano (2003) como sendo um fator de influência no processo de alimentação das vacas.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferenças na composição química entre a dieta formulada, ofertada e de fato consumida por vacas leiteiras em lotes de alta produção de rebanhos leiteiros comerciais da região dos Campos Gerais, Estado do Paraná, buscando correlações com a produção e composição do leite. Concomitante, buscamos avaliar a influência das características físicas da TMR (distribuição do tamanho médio de partículas e homogeneidade) e dos alimentos volumosos utilizados nas fazendas, sobre o comportamento alimentar e características do leite destes animais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Fazendas

Vinte fazendas leiteiras comerciais da região dos Campos Gerais, Estado do Paraná, foram escolhidas para a participação no presente estudo. Os critérios de escolha das fazendas foram rebanhos de alta produtividade, genética principalmente da raça Holandesa, confinamento alimentar total (todo alimento ingerido pelo animal fornecido no cocho), localização geográfica (fazendas situadas em Arapoti e Castro, ambos no Paraná), realização de controle leiteiro oficial mensal pela Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH), alimentação das vacas sobre forma de TMR e logicamente, concordância em participar do estudo.

As fazendas escolhidas foram então contatadas através das cooperativas a que pertencem; neste caso fazendas situadas em Castro-PR filiadas a Castrolanda Cooperativa Agroindustrial Ltda., e as localizadas em

Arapoti-PR, filiadas a Capal Cooperativa Agroindustrial Ltda. Mediante a concordância em participar do estudo e compartilhar as informações de produção e composição do leite geradas pelo controle leiteiro, estas eram incluídas no projeto.

Ao todo, vinte e uma fazendas participaram do projeto, porém uma foi excluída pela falta de informações de manejo alimentar. Fazendas participantes foram visitadas por 3 dias consecutivos no período de abril a junho de 2015, correspondente a estação outono. A data das coletas foi agendada conforme a data de realização do controle leiteiro mensal, de modo que o intervalo entre este e o início das coletas fosse menor que 3 dias (antes ou depois).

Grupo de estudo dentro da fazenda

A coleta de dados foi limitada a um único lote de animais por fazenda. Com exceção de uma fazenda que possuía apenas um lote de produção (dieta única), dentro das demais foi selecionado o grupo que apresentava maior produção por animal, sendo este o único critério.

Dados de produção e composição do leite

Como já mencionado acima, a data de coleta dos dados foi programada para coincidir com a data em que comumente era realizado o controle leiteiro mensal (± 3 dias). Os registros da APCBRH da data do controle foram então acessados para resgatar dados de produção e composição do leite, incluindo o nitrogênio ureico do leite.

Os dados foram coletados apenas para aquelas vacas do grupo estudado em cada fazenda, normalmente o lote de vacas de alta produção. A partir destes dados foram calculadas as médias de produção de leite

(L/vaca/dia), teor de gordura (%G), teor de proteína (%P) e concentração de nitrogênio ureico do leite NUL (mg/dl) para os grupos estudados. Também foram determinados o coeficiente de variação do %G do leite entre os indivíduos do grupo ($CV\%G = (\text{Desvio padrão } \%G / \%G \text{ médio do lote}) \times 100$); a relação gordura:proteína ($G/P = \%G / \%P$) média; e a proporção de animais (%) dentro do grupo com G/P inferior a 1 ($G/P < 1 = (\text{Número de animais com } G/P < 1 / \text{total de animais}) \times 100$).

Manejo alimentar

Durante o período de coleta de dados da fazenda (3 dias consecutivos), diariamente o preparo da TMR em um dos fornecimentos foi acompanhado. Durante este acompanhamento, as seguintes informações eram anotadas; ordem de inclusão dos ingredientes no misturador; tipo de misturador (vertical ou horizontal); tempo de mistura após a adição do último ingrediente (minutos), carregamento do misturador (expresso como porcentagem da capacidade máxima de carga indicada para o equipamento em questão); e a acurácia durante a pesagem de cada ingrediente. A acurácia de pesagem dos ingredientes foi expressa como a proporção de alimento carregado em excesso ou em falta sobre o que de fato deveria ser carregado.

O funcionário da fazenda responsável pela alimentação dos animais não foi informado do objetivo da pesquisa que estava sendo efetuada. A observação do preparo da TMR foi realizada por apenas um observador, sem nenhuma manifestação ou mudança na rotina da fazenda que pudesse de certo modo influenciar no desempenho do funcionário ou não retratar a realidade da propriedade, e conseqüentemente, no resultado final do projeto.

O número de animais do grupo foi verificado no terceiro dia do estudo, para que o espaçamento disponível para alimentação e acesso a água fossem estimados. Do mesmo modo, o comprimento linear do cocho de alimentação e dos bebedouros disponíveis dentro do alojamento dos animais foi medido com auxílio de fita métrica.

Coleta de amostras

Fazendas foram visitadas diariamente durante os 3 dias de observação, em uma das duas ou três refeições (ou tratos) que eram realizadas diariamente. A quantidade de alimento oferecido, com base na quantidade descarregada a cada grupo pelo vagão misturador foi registrada diariamente. Esta foi calculada pelo peso demonstrado na balança do misturador subtraído de qualquer saldo após a alimentação ser descarregada ao grupo de estudo.

Diariamente a quantidade de alimento restante foi mensurado após 24 h do fornecimento do primeiro evento de alimentação, utilizando uma balança portátil com capacidade para 150 kg. As quantidades de MS diária oferecida e restante (sobras) foram calculadas multiplicando a quantidade de TMR oferecida e suas respectivas sobras por seus respectivos teores de MS (determinados através das amostras diariamente coletadas do alimento oferecido e sobras), respectivamente. O CMS médio do lote foi estimado subtraindo a quantidade de MS restante após 24h da MS total oferecida, dividido pelo número total de animais do grupo.

Amostras da TMR ofertada e sobras foram colhidas no momento de distribuição da dieta e 24 h após, respectivamente. Uma amostra composta de dez pontos do cocho foi recolhida para avaliação da sua composição química. A dieta ofertada foi amostrada em dez pontos diferentes e equidistantes do cocho de alimentação logo após a distribuição da TMR, sendo que cada uma destas dez amostras era composta por três punhados do mesmo ponto de coleta, um da porção superior, um da média e outra da inferior, todos armazenados no mesmo saco plástico para posterior avaliação das partículas. As sobras foram amostradas após a limpeza do cocho, onde todo este material era amontoado e posteriormente misturado para se obter uma amostra representativa.

Todas as amostras destinadas a análise química foram congeladas até o processamento. As dez amostras da dieta ofertada, bem como uma amostra de suas respectivas sobras, coletadas diariamente de cada fazenda foram usadas para a determinação do tamanho de partícula. Essas foram processadas a fresco, usando o conjunto separador de partículas da Universidade de Pensilvânia (Penn State Particle Separator - PSPS) (Kononoff et al., 2003), composto de três peneiras com diferentes diâmetros de crivo (19, 8 e 1,18 mm; peneiras 1, 2 e 3, respectivamente). Estas amostras foram separadas em 4 frações de partículas: longas (> 19 mm), médias (<19 e >8 mm), curtas (<8 e >1,18 mm) e finas (<1,18 mm). Após a separação, o teor de MS de cada fração foi determinado em estufa a 55°C durante 48 horas. A distribuição do tamanho de partícula (%MS) foi calculada com base no peso em MS de cada fração dividindo pelo peso total da amostra seca. A análise de distribuição do tamanho de partículas utilizando o PSPS também foi realizada nos dois principais volumosos das fazendas, sendo a silagem de milho a primeira forragem para todas os rebanhos, e a segunda variando entre fenos e silagens pré-secadas de gramíneas.

As amostras de TMR ofertada e sobras, dos dois principais volumosos utilizados na dieta e das frações de partículas da TMR foram enviados para o Laboratório de Nutrição da Universidade Federal do Paraná, onde foram secas a 55°C durante 48h e, em seguida, moídas através de uma tela de 1mm em moinho tipo Thomas-Willey. Nas amostras de TMR ofertadas e sobras, bem como nos volumosos foram realizadas as análises para determinar os teores de MS (105°C; AOAC International, 2000; Método 930,15) e resíduo mineral (RM) (535°C; AOAC International, 2000; Método 942,05). As frações fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram avaliadas pelo método sequencial no equipamento ANKOM®. O teor de lignina foi analisado pelo método de determinação ácida de lignina (Van Soest, 1963). O extrato etéreo (EE) foi determinado no equipamento ANKOM®, conforme metodologia de extração com solvente éter de petróleo. A determinação do teor de proteína bruta (PB) foi realizada pelo método de microkjeldhal. Nas frações de partícula da TMR apenas foram determinados os teores de MS e de FDN, para posterior cálculo do real consumo de FDN dos diferentes tamanhos.

Cálculos e análise estatística

A acurácia de pesagem dos ingredientes foi expressa como a proporção de alimento carregado em excesso ou em falta sobre o que de fato deveria ser carregado ($(\text{peso realmente carregado} / \text{peso esperado}) / \text{peso esperado} * 100$), sendo que valores iguais a 0 indicam que o carregamento real foi idêntico ao esperado, valores negativos indicam falta, e positivos indicam carregamentos além do esperado para determinado ingrediente. Também foram estimadas acurácias médias para forragens e alimentos concentrados (ACf e ACc, respectivamente) em cada fazenda.

O carregamento do misturador foi expresso como porcentagem da capacidade máxima de carga [$\text{Carg} = (\text{peso da carga após a inclusão do último ingrediente} / \text{capacidade máxima a ser carregada no misturador determinada pelo fabricante}) * 100$], recomendada para o misturador em questão. Valores próximos a 100% indicam proximidade ao limite máximo de carga do misturador.

A acurácia das concentrações de nutrientes entre as dietas formulada, ofertada e sobras foi expressa como a diferença existente entre estas. As diferenças entre a dieta formulada e a média dos 3 dias da dieta ofertada (Dif1) para cada nutriente avaliado foi determinada como ($\text{Dif1} = ((\% \text{Variável ofertada} - \% \text{Variável formulada}) / \% \text{Variável formulada}) * 100$), assim como as diferenças entre a dieta ofertada e suas respectivas sobras para cada nutriente ($\text{Dif2} = ((\% \text{Variável sobra} - \% \text{Variável ofertada}) / \% \text{Variável ofertada}) * 100$). A precisão da dieta ofertada durante o período de avaliação foi obtida pelo coeficiente de variação de cada um dos nutrientes avaliados [$\text{CVvariável ofertada} = (\text{desvio padrão da variável ofertada} / \text{média da variável ofertada}) * 100$].

Para determinar a qualidade de mistura da TMR foi determinado o coeficiente de variação de cada fração da PSPS entre os dez diferentes pontos avaliados diariamente da dieta ofertada, logo após sua distribuição. O coeficiente de variação de todas as frações do conjunto de peneiras foi determinado [$\text{CVpen} = (\text{desvio padrão entre os dez pontos avaliados} / \text{média}$

dos dez pontos) x 100] e utilizado para avaliação. Oelberg (2011) sugere que apenas as peneiras de 8 e 1,18 mm sejam utilizadas para determinação de homogeneidade, porém acreditamos que a qualidade da incorporação de fibras longas (>19 mm) também pode ser um fator importante na seleção de partículas.

O índice de seleção para cada fração de partículas do conjunto PSPS (Seleção Pen) foi calculado como o consumo efetivo de determinada fração de partículas expressa como percentagem da ingestão estimada da mesma caso não houvesse seleção alguma (Leonardi e Armentano, 2003; Leonardi e Armentano, 2007). A ingestão estimada de uma determinada fração de partículas foi calculada como o produto do CMS do grupo avaliado multiplicado pelo percentual de MS de que a fração em questão representava da dieta ofertada. Valores iguais a 100% indicam que não houve seleção alguma, <100% indicam classificação contra, e >100% indicam consumo preferencial.

O fator de efetividade física (fef) foi determinado como a proporção de matéria seca de partículas retidas nas duas primeiras peneiras da PSPS (19 e 8 mm) (Yang e Beauchemin, 2006), ou pelas 3 peneiras (19, 8 e 1,18 mm) (Mertens, 1997). O FDN fisicamente efetivo (FDNfe) foi calculado multiplicando o teor de FDN da dieta ofertada pelo fator de efetividade física (fef), nomeado como FDNfe>8 ou FDNfe>1,18 quando a efetividade física considerou partículas >8 ou >1,18 mm, respectivamente.

A partir da composição bromatológica dos volumosos utilizados em cada fazenda, as dietas foram avaliadas no software do NRC (2001). A composição química dos alimentos concentrados utilizada foi a disponibilizada pelo software em seu banco de alimentos. Os teores de MS, PB (%MS), FDN (%MS), FDA (%MS), RM (%MS), EE (%MS), Lig. (%MS) e amido (%MS) da dieta foram utilizados no presente estudo. Devido à ausência do nutriente amido no programa NRC (2001), as mesmas dietas foram incluídas no software de formulação AMTS.Cattle.Professional (versão 4.1), para que este pudesse ser obtido.

Para análise estatística, os dados foram submetidos ao programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, versão 9.4). As médias de todos os parâmetros avaliados foram geradas através do procedimento MEANS do SAS, enquanto tabelas de frequência foram obtidas pelo procedimento FREQ

do SAS. Correlações simples de Pearson entre as variáveis de manejo alimentar e dietéticos, com o desempenho produtivo das vacas foram obtidas pelo procedimento CORR também do SAS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Manejo Alimentar

As características de manejo alimentar implementadas nas fazendas avaliadas estão demonstradas na Tabela 2. Erros associados a acurácia de pesagem dos ingredientes durante o preparo da dieta total foram mais evidentes com alimentos concentrados, apresentando em média um sobrecarregamento de 4,37% do esperado, sendo que em nenhuma fazenda foi observado o subcarregamentos destes. Mesmo apresentando um volume em MN na dieta inferior às forragens, pequenos erros de carregamento impactam severamente na composição final da TMR pelo seu alto teor de MS. A sobrecarga de concentrados, ricos em carboidratos de rápida fermentação ruminal, é um fator predisponente à redução do pH ruminal dependendo de sua magnitude, uma vez que a relação volumoso:concentrado então é reduzida (Davis, 1967).

O carregamento médio dos misturadores, 61,9%, mostrou-se de acordo com uma das raras recomendações científicas disponíveis proposta por Barmore (2002), onde a maior capacidade de mistura e picagem dos ingredientes seria alcançada quando o equipamento é carregado entre 60 e 80% de sua capacidade máxima. Porém a variação entre fazendas é grande, sendo que 50% destas apresentaram excesso ou falta de carga. Ambas as

situações podem comprometer a qualidade de mistura ou processamento da fibra, seja pela falta de pressão da massa contra as facas, ou pela extrapolação de sua capacidade em misturar, como já demonstrado por Carneiro et al. (2014).

O tempo de mistura médio após a inclusão do último ingrediente foi de 5,40 minutos, apresentando novamente grande amplitude entre as fazendas. Recomendações fixas para este parâmetro parecem não ser as mais indicadas, pois a resposta a ele é extremamente dependente de outros fatores como o comprimento da fibra incluída na dieta, a ordem de carregamento dos ingredientes, o modelo do misturador e a condição de manutenção do mesmo. Tempos de mistura excessivos podem comprometer o tamanho médio de partícula (Heinrich, 1999), porém esta relação não foi observada no presente trabalho, assim como por Lopes (2011), que apenas verificou algum efeito após 21 minutos de mistura.

Tabela 2 – Características do manejo alimentar adotado nas 20 fazendas comerciais avaliadas.

Variáveis	Número de fazendas	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
ACc (%)	19	4,37	7,18	0,00	27,50
ACf (%)	19	2,74	5,08	-3,10	15,00
Carg (%)	20	61,90	18,80	25,00	92,00
Tempo de mistura após a adição do último ingrediente (minutos)	20	5,40	3,76	0,5	16,20
Número de tratos diários	20	2,30	0,57	2,00	4,00
Espaçamento de cocho alimentar (m/vaca)	20	0,80	0,16	0,48	1,10
Consumo de MN (kg/vaca/dia)	20	50,50	5,02	41,30	59,10
CMS (kg/vaca/dia)	20	24,78	2,46	20,30	29,00
Sobras (%)	20	3,46	2,13	0,10	7,00
Temperatura média (°C)	12	17,70	1,9	14,8	20,5
Umidade relativa média (%)	12	83,2	4,8	74,7	91,4

ITU	12	63,1	3,4	58,4	68,2
-----	----	------	-----	------	------

ACc= Acurácia de carregamento de concentrado e ACf = Acurácia de carregamento de forragem, sendo $AC = ((\text{peso realmente carregado} / \text{peso esperado}) / \text{peso esperado} * 100)$; MN= Matéria natural; CMS = Consumo de matéria seca; Carg = $(\text{peso da carga após a inclusão do último ingrediente} / \text{capacidade máxima a ser carregada no misturador determinado pelo fabricante}) * 100$; ITU (índice de temperatura e umidade) = $(0,8 * T^{\circ}\text{C} + \text{UR}\% * (T^{\circ}\text{C}-14,3) / 100 + 46,3)$.

O espaçamento de cocho médio disponível tanto para alimentação como água foram de 80 e 17 cm/vaca respectivamente, bem superiores aos relatados na literatura em estudos similares (Bach et al., 2008; Endres e Espejo, 2010; Sova et al., 2013), de 69, 46 e 54 cm/vaca de cocho de alimentação. Apenas 10% das fazendas avaliadas forneceram espaçamento de cocho inferior a 0,6 m/vaca (Grant e Albright, 2001). O espaçamento de cocho tem sido investigado na literatura e demonstrado seu impacto sobre o comportamento alimentar de vacas leiteiras, aumentando por exemplo a intensidade de seleção. A ausência de efeito deste sobre o comportamento alimentar e demais parâmetros no presente trabalho é certamente explicado pela adequação do espaçamento de cocho mínimo por animal na quase totalidade das fazendas avaliadas.

O número médio de tratos diários foi de 2,3, sendo que nenhuma fazenda realizava apenas 1 trato diário. A porcentagem de sobras diárias apresentou grande variação entre as fazendas, porém a média foi de 3,46%, dentro da recomendação da indústria (3-5%).

O CMS médio observado foi alto (24,78 kg/vaca/dia), porém vale a pena ressaltar que em nossas observações apenas o grupo de alta produção foi utilizado, sendo este composto de animais de alta produtividade e conseqüentemente alta exigência de consumo.

Características Físicas

A distribuição do tamanho médio de partículas da dieta ofertada, sobras, silagem de milho e silagens pré-secadas, estão demonstrados na Tabela 3. De maneira geral as dietas ofertadas possuíam mais partículas longas (>19 mm) e

médias (<19 e >8mm) que o recomendado por Heinrichs e Kononoff (2002) (Figura 3). Apenas 3 das 20 dietas avaliadas apresentaram menos que 8% de partículas longas, e 45% destas apresentaram mais que 16% de partículas longas, ou seja, mais que o dobro da recomendação máxima. Nenhuma dieta apresentou mais que 20% de partículas finas.

Tabela 3 – Características físicas das dietas e forragens avaliadas em 20 fazendas comerciais, bem como o índice de seleção para os diferentes tamanhos de partículas.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Pen 1 ofertado (%MS)	14,9	6,5	2,2	25,9
Pen 2 ofertado (%MS)	41,8	9,7	27,7	71,0
Pen 3 ofertado (%MS)	32,8	6,4	24,0	53,2
Fundo ofertado (%MS)	10,5	4,5	2,9	19,6
Pen 1 sobras (%MS)	29,7	12,6	5,0	51,8
Pen 2 sobras (%MS)	34,6	8,7	24,5	57,3
Pen 3 sobras (%MS)	25,8	8,7	13,7	56,1
Fundo sobras (%MS)	9,9	3,8	0,3	16,7
CVPen1 (%)	15,0	5,0	6,9	26,4
CVPen2 (%)	4,7	2,1	2,5	11,6
CVPen3 (%)	4,3	1,6	2,3	7,8
CVFundo (%)	9,0	6,1	4,2	28,7
Pen 1 silagem de milho (% MN)	9,9	4,2	4,8	19,2
Pen 2 silagem de milho (% MN)	69,4	5,3	60,5	79,6
Pen 3 silagem de milho (% MN)	19,4	5,0	11,7	31,7
Fundo silagem de milho (% MN)	1,3	0,5	0,6	2,4
Pen 1 pré-secado / feno (% MN)	78,2	19,4	40,6	97,9
Pen 2 pré-secado / feno (% MN)	13,9	13,9	1,6	50,0
Pen 3 pré-secado / feno (% MN)	6,4	5,8	0,5	17,5
Fundo pré-secado / feno (% MN)	1,5	1,5	0,0	6,0
Seleção Pen 1 (%)	91,0	8,9	71,7	102,8
Seleção Pen 2 (%)	101,1	1,7	98,1	104,5
Seleção Pen 3 (%)	101,7	2,2	98,8	108,1

Seleção Fundo (%)	100,2	4,5	93,1	110,1
Consumo de FDN > 1,18 mm (kg/dia)	7,9	0,8	6,5	9,4
Consumo de FDN > 8 mm (kg/dia)	5,6	0,8	3,4	7,1

Pen1 = Peneira1 PSPS, Pen2 = Peneira 2 PSPS, Pen3 = Peneira 3 PSPS, Pen4 = Peneira 4 PSPS, Seleção = 100*(CMS da fração/CMS predito da fração) (Leonardi e Armentano, 2003).

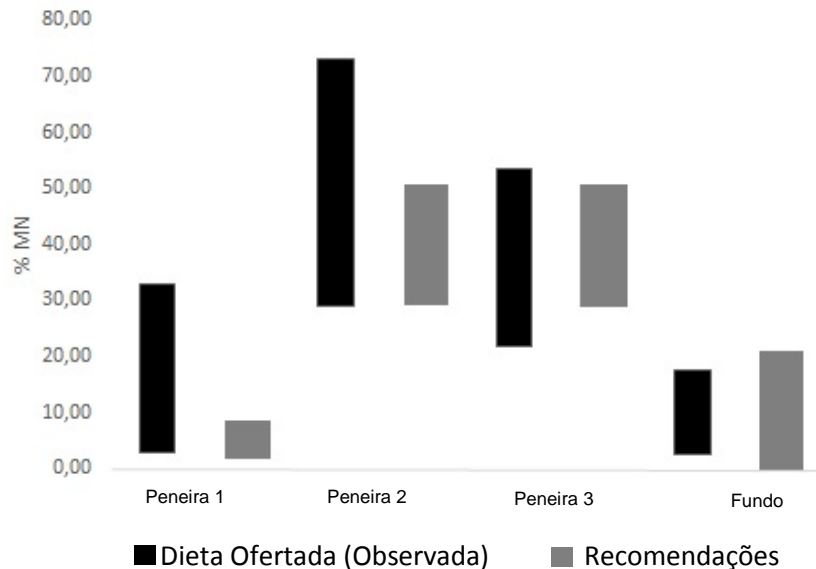


Figura 3 – Faixas de proporções recomendadas e observadas de cada tamanho de partículas.

Estas altas proporções de partículas longas e médias observadas no presente estudo são similares às conclusões de Sova et al. (2013), que observaram 100% das dietas avaliadas em 22 fazendas diferentes com mais que 8% de partículas longas. Por consequência, houve um incremento de 65% de partículas longas nas sobras quando estas foram comparadas à dieta ofertada. No presente estudo, o incremento foi de 100%, passando de 14,9 para 29,8% de partículas longas comparando a dieta ofertada com as sobras após 24h de disponibilidade às vacas no cocho. Este comportamento já foi demonstrado por diversos autores e é caracterizado pela maior ou menor intensidade dependendo da MS da dieta ofertada, da qualidade química das partículas longas e da proporção de sobras (Leonardi e Armentano, 2007).

Constatou-se uma tendência de aumento da proporção de partículas

longas à medida que o CMS aumentava (Figura 4) ($r = 0,47$; $P < 0,05$). O CMS está intimamente correlacionado com o nível de produção de leite ($r = 0,79$; $P < 0,01$), e conseqüentemente com dietas energeticamente mais densas. A possível causa desta associação é a maior cautela por parte de produtores e nutricionistas em tais situações, incluindo uma maior proporção de partículas longas à TMR, visando manter níveis seguros de fibra efetiva, garantindo uma mínima ruminação.

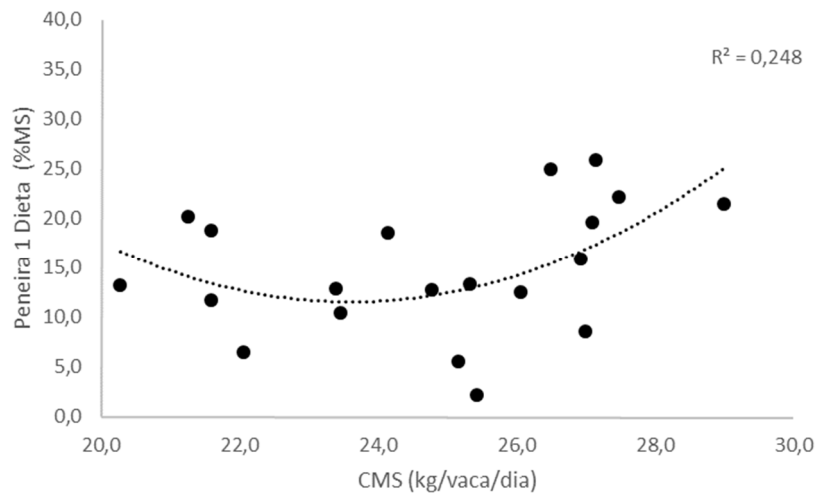


Figura 4 – Consumo de MS em função da proporção de partículas longas na dieta ofertada.

A homogeneidade de cada fração de partículas da dieta ofertada está demonstrada na Tabela 3. De modo geral, partículas médias e curtas são bem incorporadas na mistura, apresentando em média baixos valores (<5%) de CVPen2 e CVPen3. Entretanto, partículas longas não foram homogeneamente misturadas a dieta, apresentando além de uma alta média de CVP1 (15,0%), uma grande variação entre as dietas avaliadas (6,9 a 26,4%). Parte destes altos valores de CV para partículas longas se explica pela menor proporção destes na dieta, sendo que pequenas variações numéricas podem impactar significativamente na variância deste parâmetro. Mas também, partículas mais longas realmente possuem uma menor incorporação na mistura e conseqüentemente uma pior distribuição no cocho. Oelberg (2011) recomenda que apenas as partículas médias e curtas (peneiras 2 e 3 da PSPS) sejam levadas em consideração. Porém em estudos prévios realizados por nosso grupo de pesquisa, foi possível observar que a homogeneidade da TMR foi

influenciada pela proporção de fibras longas (Carneiro et al., 2014), fazendo-se necessário sim a observação de seu CV, porém certamente sem o mesmo rigor de interpretação devido a própria metodologia de análise.

Diversos fatores influenciam a maior ou menor homogeneidade da mistura, dentre eles o tempo de mistura após a adição do último ingrediente, o tamanho médio de partícula, a ordem de carregamento dos ingredientes e o estado de conservação do misturador. O tipo de misturador afetou ($P < 0,05$) apenas a proporção de partículas longas e a homogeneidade das mesmas na dieta ofertada, sendo que vagões verticais conservaram mais as partículas longas e as incorporaram mais efetivamente à dieta (peneira 1 = 18,18%; CVP1 = 12,61%) comparativamente a misturadores horizontais (peneira 1 = 11,56%; CVP1 = 17,38).

Como também pode ser constatado na Tabela 3, a distribuição das partículas da silagem de milho e do segundo principal volumoso utilizado nas dietas (silagem pré-secada de gramínea ou feno) apresentaram em média uma maior proporção de partículas longas e médias que as recomendações de Heinrichs e Kononoff (2002). Das 20 silagens de milho avaliadas, 60% apresentaram mais que o limite máximo recomendado (8% (MN)) para partículas maiores que 19 mm, e este excesso em média foi de 23,7%, tendo o mesmo comportamento para partículas médias (<19 e >8 mm). Existe uma tendência nos últimos anos por parte de produtores e técnicos, particularmente nas duas bacias leiteiras avaliadas no presente estudo, em preservar as partículas de silagem de milho mais longas no momento da colheita, visando ganhar em efetividade física da fibra. Porém caracteristicamente, as dietas avaliadas no presente trabalho apresentam além da silagem de milho, um segundo volumoso, reduzindo assim a real necessidade deste grande conservadorismo no processamento da fibra, que em algumas situações compromete significativamente o processamento do grão do milho e sua digestibilidade ruminal (Fredin et al., 2014).

Segundo Heinrichs et al. (2009), o comprimento da forragem que vem do campo muitas vezes é demasiadamente longo, isso devido à queda no rendimento da operação e ao aumento dos gastos com energia que ocorrem quando se deseja picar mais o volumoso no momento em que está sendo recolhido. Todas as silagens pré-secadas e fenos avaliados no presente estudo

apresentaram valores muito superiores ao preconizado, tendo 2,9x mais fibras longas na peneira 1 da PSPS que o recomendado (78,2% na peneira 1 ao invés dos recomendados 20%). Tal característica da forragem prejudica sua incorporação na dieta e facilita sua recusa pelas vacas.

Comportamento de Seleção

O comportamento de ingestão para os diferentes comprimentos de partículas está demonstrado na Tabela 3. Em média as partículas longas (peneira 1) sofreram rejeição pelas vacas (91%), as partículas médias e curtas (peneira 2 e 3) foram ligeiramente preferencialmente consumidas (101,15% e 101,75% respectivamente) e partículas finas não foram alteradas. O mesmo comportamento foi observado por Sova et al. (2013) e Leonardi e Armentano (2007) em diferentes condições e dietas, mas também constatou-se o desfavorecimento de partículas mais grosseiras em substituição por alimentos mais ricos em carboidratos de maior taxa de digestão.

Nossas observações em muito se assemelham ao estudo de Sova et al. (2013), visto que as características físicas da dieta ofertada e a quantidade de sobras são muito parecidas. Os autores citados concluíram que além do tamanho de partícula, dois outros fatores podem auxiliar na menor intensidade de seleção e assim proporcionar uma alimentação mais constante ao longo do dia; teor de MS da dieta e quantidade de sobras. Trabalhar com dietas mais úmidas, onde haja maior agregação de partículas finas às forragens pode reduzir este efeito. Além disto, permitir sobras em proporção moderada (inferiores a 5%) sem que haja limitação de ingestão pode também reduzir a seleção contra partículas longas, uma vez que as vacas acabam ingerindo partículas que anteriormente seriam rejeitadas para completar seu nível de consumo diário. Esta observação vem de encontro com o atual cenário de

elevados custos alimentares, onde disponibilizar proporções de sobras muito elevadas acaba se tornando inviável.

A homogeneidade das partículas longas da dieta ofertada influenciou negativamente ($r = -0,64$; $P < 0,05$) a rejeição destas pelas vacas (Figura 5), sendo que quanto menos incorporadas estas foram na TMR, maior sua rejeição. Não há relatos deste comportamento na literatura, e nossa observação reforça a necessidade de considerar o CVP1 junto às demais características físicas da dieta.

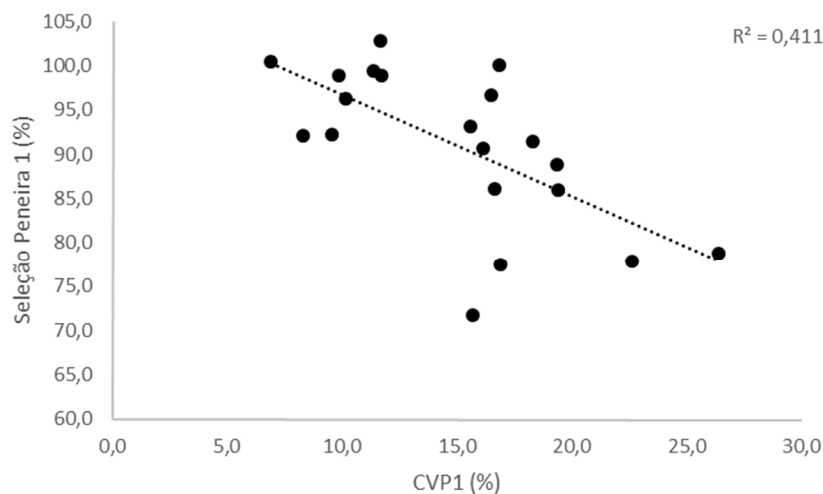


Figura 5 – Efeito da homogeneidade de mistura de partículas longas sobre a seleção da mesma.

Leonardi e Armentano (2003) demonstraram que dietas com maior teor de MS são mais facilmente selecionadas, pelo fato das partículas apresentarem menor agregação na mistura. Observamos uma correlação negativa mediana ($r = -0,34$) entre o teor de MS da dieta ofertada e a intensidade de seleção contra partículas longas, porém sem efeito significativo ($P = 0,15$).

Observações realizadas por DeVries et al. (2005) e Endres e Espejo (2010) sugerem que o aumento de frequência de alimentação reduz a taxa de seleção. Diferentemente das condições em que os dois estudos anteriores foram conduzidos, não avaliamos nenhuma fazenda que alimentasse suas vacas apenas 1 vez ao dia. Isso explica muito provavelmente a não observação deste efeito sobre o comportamento alimentar em nossa investigação.

A simples comparação da distribuição do tamanho médio das partículas da dieta ofertada com suas respectivas sobras não retrata a real intensidade de rejeição ou de consumo preferencial por determinada fração de alimentos, uma vez que estaríamos desconsiderando o CMS. A metodologia de avaliação utilizada no presente trabalho e proposta por Leonardi e Armentano (2007) demonstra o real consumo de cada porção de alimento comparativamente a previsão de um consumo constante, sendo assim mais precisa para avaliações de consumo de fibra e seu impacto sobre aspectos produtivos e qualitativos do leite.

Características químicas das dietas

Os níveis nutricionais médios das dietas formulada e ofertada, bem como a diferença entre ambas para os diversos nutrientes estão demonstrados na Tabela 4. Ao comparar a dieta formulada a de fato ofertada, as maiores diferenças foram observadas nos teores de FDN (10,7% de incremento), lignina (18,2% de redução) e RM (8,6% de redução). Rossow e Aly (2013) observaram as maiores diferenças médias entre a dieta entregue e a predita pelo nutricionista, com exceção do teor de MS, para as mesmas variáveis observadas em nosso estudo; incremento de 7,3% e 10,9% nos teores de FDN e lignina, respectivamente, e redução de 10,9% nos teores de RM da dieta ofertada. Carneiro et al. (2014) avaliando estas mesmas variáveis em 20 dietas de vacas de alta produção, encontraram também um incremento médio nas dietas ofertadas de 7,3% nos teores de FDN e redução de 18,6% nos teores de RM. Vale ressaltar ainda que a acurácia entre a dieta formulada e ofertada apresentou grande variação entre as fazendas avaliadas, uma vez que esta é uma função multifatorial.

Ambos os autores (Carneiro et al., 2014, Rossow e Aly, 2013) associam esta diferença como resultado de erros associados ao carregamento dos ingredientes, a variação diária da composição dos alimentos volumosos e a dificuldade de se obter uma amostra representativa da dieta distribuída a um grupo de vacas.

Weiss et al. (2012) concluíram que a variação nos nutrientes dietéticos é

uma função do quadrado da taxa de inclusão de cada ingrediente. Teoricamente, devido ao grande volume em MN e ao modo de carregamento, alimentos volumosos possuem maiores chances de serem adicionados em excesso à dieta, e devido a suas maiores concentrações destes nutrientes, contribuiriam para o incremento dos teores de FDN. Em média foi incluído 2,74% a mais de forragem (MN) que a dieta formulada previa, menor que a sobrecarga de alimentos concentrados (4,37% a mais) (Tabela 2).

Tabela 4 – Características químicas das dietas formuladas e ofertadas, seguido da diferença entre ambas.

Variáveis bromatológicas	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
MSf (%)	50,0	3,9	42,8	55,2
MSo (%)	51,0	3,7	40,5	56,8
Dif.1 MS (%)	2,2	5,5	-5,3	11,9
PBf (%MS)	16,5	1,0	15,1	18,4
PBo (%MS)	16,0	1,2	14,4	18,2
Dif.1 PB (%MS)	-2,9	5,4	-13,8	7,1
FDNf (%MS)	31,8	1,8	28,7	35,1
FDNo (%MS)	35,1	2,5	31,2	39,7
Dif. 1 FDN (%MS)	10,7	8,9	-3,4	32,5
FDAf (%MS)	17,1	1,1	15,3	18,9
FDAo (%MS)	17,1	1,8	14,6	20,3
Dif. 1 FDA (%MS)	0,6	10,5	-17,5	20,0
Lignina f (%MS)	2,2	0,4	1,3	2,9
Lignina o (%MS)	1,7	0,5	0,9	3,0
Dif. 1 Lignina (%MS)	-18,2	23,5	-46,1	46,8
EEf (%MS)	4,4	1,0	3,0	5,8
EEo (%MS)	4,1	0,7	3,1	5,4
Dif. 1 EE (%MS)	-4,2	14,8	-32,9	21,5

RMf (%MS)	7,5	0,9	5,8	9,5
RMo (%MS)	6,8	0,7	5,5	8,4
Dif. 1 RM (%MS)	-8,6	10,1	-21,2	13,3

Variável seguida de f = Formulada, variável seguida de o = Ofertada; Dif. 1 = ((%Variável ofertada – %Variável formulada) / %Variável formulada) x 100

Rossow e Aly (2013) sugerem que a grande variação encontrada para os teores de lignina e RM em suas observações, e concomitantemente neste trabalho, pode ser pelo fato que dietas normalmente não são balanceadas para estes parâmetros, e muitas vezes pouca atenção é dada aos mesmos.

O teor de amido apenas foi estimado nas dietas formuladas, apresentando em média teores de $27,17 \pm 1,14$ (%MS). O teor máximo de amido encontrado foi de 29,9% (%MS). Em estudos similares ao presente, não foram relatadas as concentrações deste nutriente nas dietas, tanto nas formuladas como nas ofertadas. Zebeli et al. (2012), ao determinar requerimentos de FDN_{fe} para vacas leiteiras, mostraram a nítida dependência do nível de CMS e das concentrações de amido no requerimento de fibra, uma vez que quanto maiores o CMS e a concentração de amido dietético, maior a necessidade de FDN_{fe} para a manutenção no pH ruminal, já que a produção de ácidos graxos voláteis é aumentada e sua absorção ou passagem é dificultada pelo grande volume ruminal. Segundo os autores, com as características de CMS e amido estimados neste trabalho, seriam necessários de 33,8 a 36,0% (%MS) de FDN_{fe}>1,18 para a adequada manutenção ruminal destas vacas.

Os conteúdos médios de FDN_{fe}>1,18 e FDN_{fe}>8 observados foram de $31,35 \pm 2,19$ % (%MS) e $19,84 \pm 2,98$ % (%MS), respectivamente. Em estudos realizados por Zebeli et al. (2008), foi encontrado incremento significativo de pH ruminal até as concentrações de 31,20% (%MS) de FDN_{fe}>1,18, sem comprometimento do CMS. De acordos com os mesmos autores, inclusões de FDN_{fe}>1,18 superiores a 32,0% (%MS) podem limitar o CMS e a produção de leite, sem ganhos em saúde ruminal. A limitação no CMS devido ao consumo de FDN_{fe} foi descrito por Zebeli et al. (2012) em sua meta-análise, indicando que esta redução se inicia com concentrações de FDN_{fe}>8 superiores a 15,0% (%MS), encontrando uma possível redução de 1 kg de CMS ao passar de

15,0% para 20,0% (%MS) de FDNfe>8.

O CMS apresentou uma correlação linear negativa ($r = -0,34$; $P=0,10$) com o teor de FDNfe>1,18 (Figura 6), bem como um comportamento quadrático, com maior uniformidade do CMS a partir de 31-32% (%MS) de FDNfe>1,18. Como o nível de CMS apresentou uma grande variação entre as fazendas (mín. 20,3 e máx. 29,0 kg/vaca/dia) devido as diferentes produtividades dos animais, não é possível afirmar que o efeito de redução de consumo é decorrente da concentração de fibra, ou o nível maior de FDNfe é função da maior inclusão de forragem em dietas com menores necessidades energéticas, para animais de menor produção de leite.

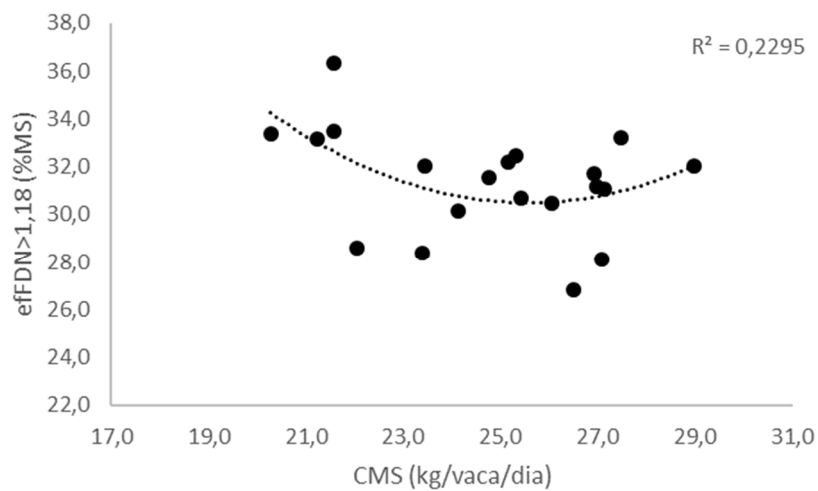


Figura 6 – CMS em função do teor de FDNfe>1,18 da dieta ofertada.

Os níveis nutricionais médios das dietas ofertadas e sobras, bem como a diferença entre ambas estão demonstrados na Tabela 5. Grandes diferenças numéricas foram observadas em praticamente todos os nutrientes da dieta após 24 h de disponibilidade às vacas. As concentrações médias de PB e EE sofreram redução de 12,9% e 16,5% respectivamente, enquanto que FDN, FDA e lignina tiveram incrementos de 17,2%, 25,0% e 71%, respectivamente. O aumento das concentrações de nutrientes ricos em forragens, em detrimento dos nutrientes oriundos principalmente em ingredientes concentrados caracteriza claramente o comportamento seletivo mais comum de vacas leiteiras; a seleção contra a fibra.

Diversos pesquisadores já observaram este mesmo comportamento nas

mais diversas situações (Carneiro et al., 2014; DeVries et al., 2007; Endres e Espejo, 2010; Kononoff et al., 2003; Leonardi e Armentano, 2003), demonstrando que dietas com tamanhos de partículas excessivamente longos, de homogeneidade de mistura deficiente, de fibras com alto teor de lignificação, ou com teores de MS superiores a 55%, predispõem a manifestação mais intensa deste comportamento. Não foram observadas correlações significativas entre proporção de fibras longas e teores de MS das dietas ofertadas com os teores de FDN, FDA e lignina das sobras.

Tabela 1 – Níveis nutricionais das dietas ofertadas e sobras, seguido da diferença entre ambas.

Variáveis bromatológicas	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
MSo (%)	51,0	3,8	40,5	56,8
MSs (%)	48,8	4,5	39,7	59,4
Dif.2 MS (%)	-4,1	7,1	-19,2	8,6
PBo (%MS)	16,0	1,3	14,4	18,2
PBs (%MS)	14,0	2,0	10,8	17,6
Dif.2 PB (%MS)	-12,9	7,4	-27,7	-2,5
FDNo (%MS)	35,0	2,5	31,2	39,7
FDNs (%MS)	41,0	5,2	33,1	49,6
Dif. 2 FDN (%MS)	17,2	12,1	-4,3	38,3
FDAo (%MS)	17,0	1,7	14,6	20,3
FDAs (%MS)	21,2	3,6	16,1	27,6
Dif. 2 FDA (%MS)	25,0	16,2	2,1	57,3
Lignina o (%MS)	1,7	0,4	0,9	3,0
Lignina s (%MS)	2,7	0,6	1,9	4,2
Dif. 2 Lignina (%MS)	71,0	56,7	11,5	234,2
EEo (%MS)	4,1	0,7	3,1	5,4
EEs (%MS)	3,5	0,7	2,4	4,7
Dif. 2 EE (%MS)	-16,5	10,7	-30,0	9,4

RMo (%MS)	6,7	0,6	5,5	8,4
RMs (%MS)	7,4	0,8	6,0	8,8
Dif. 2 RM (%MS)	10,8	9,3	-3,2	28,6

Variável seguida de o = Ofertada, variável seguida de s = Sobras; Dif. 2 = $(\% \text{Variável sobras} - \% \text{Variável ofertada}) / \% \text{Variável ofertada} \times 100$

Com os teores de FDN de cada porção de partículas e o consumo real das mesmas, estimamos o consumo de FDN médio de diferentes diâmetros pelos animais. Observou-se que em média as vacas ingeriram 7,93 kg/dia de FDN superior a 1,18 mm (FDN>1,18) e 5,65 kg/dia de FDN superior a 8 mm (FDN>8). Zebeli et al. (2006) demonstraram que o consumo de FDN>1,18 conseguiu explicar 67% da variação de pH ruminal. Em seu estudo, utilizando a mesma metodologia de avaliação, observaram que para manter o pH ruminal acima de 6,0 era necessário um consumo de 4,1 kg de FDN>1,18. No estudo destes autores não consta os ingredientes utilizados nas dietas experimentais. Uma fonte de variação em nosso estudo que não é relatada no estudo de Zebeli et al. (2006) é a inclusão de ingredientes peletizados (ração comercial e subprodutos fibrosos) nas dietas, os quais podem alterar a estimativa da efetividade física da TMR, uma vez que estes ingredientes ficam retidos na peneira de 1,18 mm da PSPS, porém sem que possuam de fato efetividade física a nível ruminal.

Produção e composição do leite

As características de produção e composição do leite estão relacionadas na Tabela 6. Em média o período de coleta diferiu em apenas 1 dia da data do controle leiteiro, apresentando uma distância máxima de 10 dias antes ou após o mesmo. O número médio de vacas nos lotes de avaliação do presente estudo foi de 90 animais, representando cerca de 38,1% do total de animais em

lactação, com produção média de 39,10 L/vaca/dia, 3,38%G e 3,12%P. Como já era esperado, o CMS e a produção de leite mostraram-se altamente correlacionados ($r = 0,79$; $P < 0,01$).

Tabela 6 – Características médias de produção e composição do leite dos grupos avaliados.

Variáveis	Número de fazendas	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Dias para o controle leiteiro em relação a data das coletas	19	1,0	5,4	-11,0	10,0
Número de vacas no lote	20	90,2	63,2	36,0	300,0
Porcentagem das vacas em relação ao total de animais em lactação (%)	20	38,1	18,8	12,1	100,0
Produção de leite (L/vaca/dia)	20	39,1	4,4	31,7	49,5
%G	18	3,38	0,28	2,84	3,80
CV%G	18	19,6	5,3	13,5	30,2
G/P	18	1,08	0,10	0,90	1,28
G/P < 1 (%)	18	30,4	19,1	0,1	65,7
%P	19	3,12	0,12	2,88	3,36
NUL (mg/dl)	14	14,7	2,6	10,5	18,7

%G= teor de gordura do leite, %P= teor de proteína do leite; CV= Coeficiente de variação; G/P= %G / %P; G/P<1 = (número de animais com G/P inferior a 1 / Total de animais) x 100); NUL= Nitrogênio ureico no leite.

Correlações negativas e de moderada magnitude foram estimadas entre a produção de leite ($r = -0,47$; $P < 0,05$), %G ($r = -0,52$; $P = 0,05$) e G/P ($r = -0,52$; $P < 0,05$) com a acurácia no carregamento dos alimentos concentrados (ACc). Correlações altas e positivas também foram observadas entre CV%G ($r = 0,60$; $P < 0,05$) e G/P<1 ($r = 0,57$; $P < 0,05$) com a ACc. Estes resultados nos indicam

que quanto maior o erro em excesso de carregamento de concentrados além do previsto na dieta, menor a produção de leite e %G, maior a variação do %G entre os animais de um mesmo grupo e maior a proporção de vacas com $G/P < 1$. Todos estes indícios nos mostram que erros associados ao carregamento dos ingredientes da dieta interferem na produção e composição do leite, possivelmente devido as alterações ocorridas na proporção de volumoso:concentrado na dieta, e conseqüentemente por conta de variações nas concentrações dietéticas de nutrientes como açúcares e amido.

O CMS apresentou correlação positiva com G/P ($r = 0,57$; $P=0,01$) e negativas com $CV\%G$ ($r = -0,60$, $P < 0,01$) e $G/P < 1$ ($r = -0,50$; $P < 0,05$), indicando que o maior CMS contribui para a produção de gordura do leite.

Demais variáveis de manejo alimentar como espaçamento de cocho e número de tratos diários não apresentaram correlações significativas com a produção e composição do leite, diferentemente dos resultados encontrados por Sova et al. (2013). Em nossas observações, a maior parte das fazendas avaliadas forneciam o espaçamento mínimo de cocho de alimento e bebedouro preconizados, bem como todas as fazendas forneciam minimamente o alimento às vacas duas vezes ao dia. Assim, as interações observadas pelos demais autores citados podem não ser evidentes em nosso estudo pelas diferentes condições de manejo encontradas.

Não foram observadas correlações significativas entre a distribuição do tamanho de partículas e a homogeneidade da TMR com parâmetros de produção e composição do leite. Segundo Leonardi e Armentano (2003), apenas características físicas das dietas não são bons parâmetros para avaliação das exigências de fibra para vacas leiteiras devido à grande interação com as demais frações de carboidratos da dieta, principalmente ao comparar dietas com diferentes tipos e fontes de carboidratos e fibras.

O comportamento da %G do leite em função da seleção contra partículas longas está demonstrado na Figura 7. Os menores %G foram observados em situações de seleção severa contra partículas longas, retidas na peneira 1 da PSPS, tendendo a se estabilizar quando a seleção se aproxima a 100, indicado baixa seleção contra estas partículas. Devries et al. (2008) observaram efeito da intensa seleção contra partículas longas sobre o pH ruminal, com sua redução à medida que a rejeição aumentava. Queda no

pH ruminal levam a modificações no processo de biohidrogenação de gorduras insaturadas. Entre estas alterações, a biohidrogenação incompleta de gorduras insaturadas levam a formação de ácidos graxos *trans*, entre os quais o CLA *trans*-10 *cis*-12, potente inibidor das enzimas responsáveis pela síntese *de novo* de ácidos graxos na glândula mamária, reduzindo a %G do leite (Bauman e Griinari, 2001).

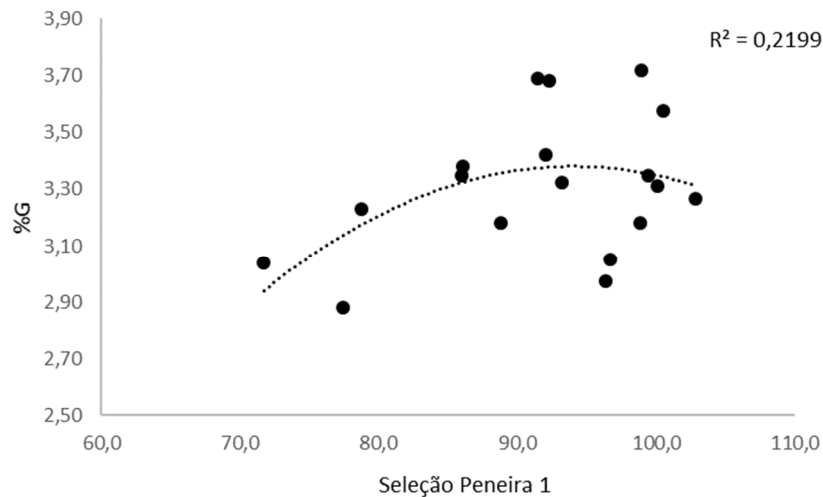


Figura 7 – %G do leite em função do comportamento de seleção sobre partículas longas.

O consumo de FDN>1,18 foi correlacionado positivamente ($r = 0,49$; $P < 0,05$) com a produção em kg de gordura do leite, e negativamente ($r = -0,49$; $P < 0,05$; e $r = -0,36$; $P = 0,13$) com CV%G e G/P<1 respectivamente (Figura 7). A associação positiva entre o consumo de FDN>1,18 e a produção de gordura no leite pode ser confundida pelo efeito do CMS sobre a produção de leite, porém as correlações com a variação do %G entre os animais e a proporção de vacas com G/P<1 não sofrem este efeito. Devido a ampla variação encontrada na produção de leite entre as fazendas avaliadas, uma possível interferência do nível de produção com as características dietéticas e, conseqüentemente o maior consumo de FDN, pode existir, uma vez que lotes menos produtivos podem ser alimentados com dietas menos densas energeticamente, porém não observamos correlações entre o nível de FDN da dieta ofertada e a produção de leite.

As características físicas das forragens apresentaram impacto na composição do leite. Altas proporções de fibras longas (>19 mm) dos fenos e silagens pré-secadas de gramíneas foram positivamente correlacionadas com aumento do CV%G ($r = 0,41$; $P=0,08$) e da proporção de vacas com $G/P < 1$ ($r = 0,50$; $P < 0,05$), e negativamente com %G e G/P ($r = -0,50$; $P < 0,05$, e $r = -0,42$; $P=0,08$ respectivamente).

Concomitantemente o aumento do processamento destes alimentos e consequentemente de partículas menores que 19 mm contribuiu positivamente para o aumento do %G e da G/P ($r = 0,45$; $P=0,06$ e $r = 0,46$; $P=0,05$ respectivamente), e reduziu a proporção de vacas com $G/P < 1$ ($r = -0,42$; $P=0,08$). Mesmo sendo modificado pelo processo de preparo da TMR, proporções excessivas de partículas longas das forragens foi prejudicial a produção de gordura do leite, muito possivelmente devido a maior facilidade de seleção e não ingestão integral destas partículas, corroborando pelo comportamento observado na Figura 7.

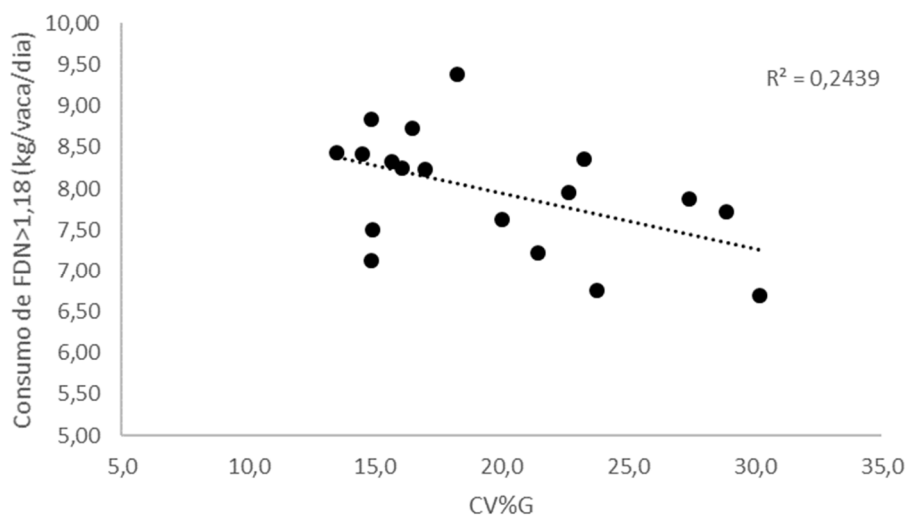


Figura 8 – CV%G do leite em função do consumo de FDN>1,18.

A produção de leite foi positivamente correlacionada com o teor de PB (%MS) apenas da dieta formulada ($r = 0,55$; $P < 0,05$), e com o teor de EE (%MS) tanto da dieta formulada como ofertada ($r = 0,59$; $P < 0,01$ e $r = 0,40$; $P=0,08$, respectivamente). A inclusão de alimentos com altas concentrações de

EE (%MS) é comum em dietas para vacas de alta produção, com o objetivo de adensar a concentração de energia por kg de MS, e muitas vezes possibilitando a redução de carboidratos de rápida fermentação, como o amido.

A queda de pH ruminal devido a grandes quantidades de carboidratos de rápida digestão é comumente observado (Yang e Beauchemin, 2005), tendo por consequência uma redução na digestibilidade da fibra no rúmen, em contrapartida uma maior produção diária de proteína bacteriana com frequente aumento também da %P do leite (Weimer et al., 1997). As concentrações de amido estimado das dietas formuladas foram negativamente correlacionadas com produção de leite ($r = -0,49$; $P < 0,05$), e positivamente correlacionadas com a proporção de vacas com $G/P < 1$ ($r = 0,41$; $P = 0,08$), bem como com a concentração de %P do leite ($r = 0,45$; $P < 0,05$). Correlação linear negativa, porém não significativa, foi observada entre a %G e o teor de amido (%MS) da dieta formulada, e seu comportamento quadrático está demonstrado na Figura 9.

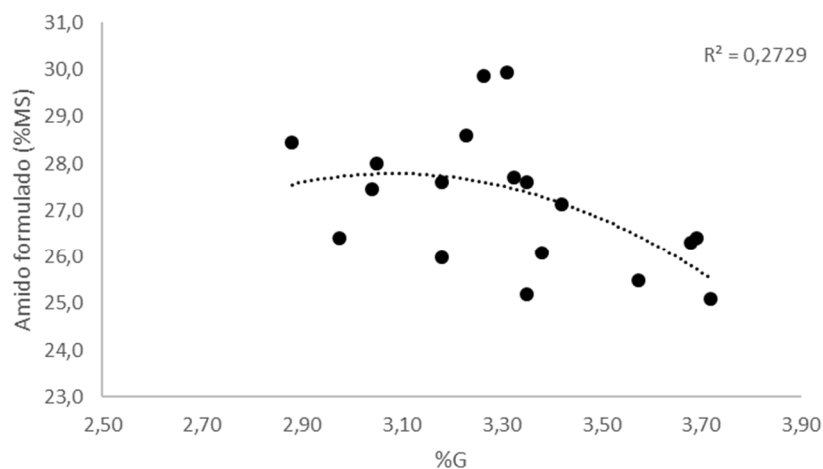


Figura 9 – %G do leite em função do amido (%MS) da dieta formulada.

Bactérias ruminais não utilizam ácidos graxos (gorduras) como fonte de energia para o seu crescimento, e em algumas situações o excesso de óleo reduz a digestão da fibra no rúmen, devido ao seu efeito físico sobre as partículas de alimento e sua ação bactericida sobre os microrganismos (Roderick e Bryan, 1990). Correlação negativa entre os teores de EE (%MS) tanto da dieta formulada como ofertada, e a %P do leite foram observadas ($r = -$

0,56; $P < 0,05$ e $r = -0,35$; $P = 0,14$).

A variação diária (precisão) dos teores de MS (%) das dietas ofertadas (CVMS_o) foi negativamente correlacionada com a relação G/P do leite ($r = -0,43$; $P = 0,07$), e positivamente com a proporção de vacas com $G/P < 1$ ($r = 0,40$; $P = 0,09$). Sova et al. (2014) observaram que o aumento na variação do conteúdo energético da dieta ofertada durante 7 dias de avaliação afetou negativamente a produção de leite, porém não alterou sua composição. Rossow e Aly (2013) relataram que a variação do EE (%MS) e lignina (%MS) foram mais correlacionados com a variação de produção e %G do leite.

O aumento da variação do conteúdo de MS (%) da dieta durante os dias possui diversas possíveis razões, entre elas a variação da proporção de concentrados na dieta, como já observado por Carneiro et al. (2014), já que o conteúdo de MS dos próprios ingredientes volumosos possui grandes variações principalmente em sua umidade ao longo do tempo (Weiss, 2012). Variações desta proporção, perceptíveis ao avaliarmos o conteúdo de MS, porém talvez menos pronunciado nos demais nutrientes, podem ter causado a redução da G/P do leite bem como ter aumentado a proporção de vacas com $G/P < 1$.

O nutriente cuja precisão ao longo do tempo mais impacta na produção ou composição do leite ainda não é um consenso entre os pesquisadores, porém está claro que grandes variações na composição diária da dieta impactam negativamente no desempenho de vacas leiteiras, o que aliás também foi notado em nossa investigação.

De acordo com alguns autores (Zebeli et al., 2012; Zebeli et al., 2008; Zebeli et al., 2006), a composição do leite, mais especificamente o %G, não é muito sensível aos níveis de FDN_{fe}, sendo mais preciso a observação do pH ruminal para determinação de requerimentos de fibra para vacas leiteiras. Como já discutido anteriormente, os níveis médios de $FDN_{fe} > 1,18$ (31,3 %MS) e $FDN_{fe} > 8$ (19,8%MS) estão próximos às recomendações máximas para estes parâmetros, ao nível de consumo e produção observados em nosso trabalho. É necessário a validação da real aplicação da metodologia de determinação de FDN_{fe} por nós utilizada e pelas demais pesquisas em dietas que utilizam grandes proporções de ingredientes concentrados na forma peletizada, característico das fazendas avaliadas no presente estudo. Não foi detectado

nenhuma correlação mediana ou alta e significativa entre os níveis de FDNfe e a composição ou produção de leite.

4. CONCLUSÕES

Erros associados a pesagem dos ingredientes concentrados foram associados a menor produção de leite e de gordura, mostrando que medidas mais proativas para a redução destes devem ser providenciadas.

A homogeneidade de incorporação das partículas longas à TMR exerce efeito significativo no comportamento de seleção, assim como este mostrou-se afetar o teor de gordura no leite. Para isto, o processamento da fibra dos fenos e silagens pré-secadas deve ser rigorosamente aumentado, visto que facilitam sua incorporação e consumo, além de ter sido observado um efeito negativo do excesso de fibras longas sobre a produção de leite e seu teor de gordura.

As diferenças entre as dietas formuladas e oferecidas encontradas em nossas observações não pareceram afetar o desempenho das vacas, porém a variação desta ao longo dos dias aumentou a proporção de vacas com percentual de gordura do leite inferior ao da proteína.

A determinação do parâmetro FDNfe deve ser revisada para dietas que utilizam grandes quantidades de ingredientes sobre a forma peletizada, visto que suas exigências encontradas na literatura mais recente não englobam tais circunstâncias.

REFERÊNCIAS

- BACH, A.; VALLS N.; SOLANS, A.; TORRENT, T. 2008. Associations between nondietary factors and dairy herd performance. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.3259-3267, 2008.
- BAUMAN DE, GRIINARI JM. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v.70, p.15-29, 2001.
- CARNEIRO, J. H.; SANTOS, J. F.; SCHMIDT, P.; ALMEIDA, R. Accuracy of total mixed rations fed on dairy herds of Castrolanda, Paraná. 51ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...Barra dos Coqueiros**, 2014.
- COPPOCK, C. E, BATH, D. L., HARRIS JR., B. From feeding to feeding systems. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.1230-1249, 1981.
- DAVIS, C.L. Acetate production in the rumen of cows feed either control low-fiber, high-grain diets. **Journal of Dairy Science**, v.50, p.1621-1625, 1967.
- 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, p. 3958-3967, 2008.
- DEVRIES, T. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; KEYSERLINGK, A. G. Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.5572–5579, 2007.
- DEVRIES, T.; KEYSERLINGK, J. M. A. G.; BEAUCHEMIN, K. A. Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 3553-3562, 2005.
- ENDRES, M. I.; ESPEJO, L. A. Feeding management and characteristics of rations for high-producing dairy cows in free-stall herds. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 822-829, 2010.
- FREDIN, S. M.; FERRARETTO, L. F.; AKINS, M. S.; HOFFMAN, P. C.; SHAVER R. D. Fecal starch as an indicator of total-tract starch digestibility by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.1862-1871, 2014.
- GRANT, R. J., ALBRIGHT, J. L. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.156-163, 2001.
- HEINRICHS, A. J.; KONONOFF, P. J. Evaluating particle size of forages and TMR's using the Penn State Particle Size separator. Pennsylvania State University, 2002.

HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R.; LAMMERS, B.P. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 180-186, 1999.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, 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, p. 1858-1863, 2003.

KERTZ, A. F. Variability in delivery of nutrients to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.3075-3084, 1998.

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L. E. Short Communication: Feed selection by dairy cows fed individually in a tie-stall or as a group in a free-stall barn. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 2386-2389, 2007.

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L. E. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p. 557-564, 2003.

LOPES, A. R. M. F. Influência do processo de mistura na composição química e física do alimento único para vacas leiteiras. Dissertação da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

OELBERG, T. TMR Audits™ Improve TMR Consistency. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop, 2011. **Proceedings...** Grantville, PA, 2011, p.81-86.

ROSSOW, H. A.; ALY, S. S. Variation in nutrients formulated and nutrients supplied on 5 California dairies. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 7371-7381, 2013.

RODERICK I. M.; BRYAN A. W. Recent advances in rumen microbial ecology and metabolism: potential impact on nutrient output. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.2971-2995, 1990.

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, p. 562-571, 2014

STONE, B. Reducing the variation between formulated and consumed rations. **WCDS Advances in Dairy Technology**, v. 20, p. 145-162, 2008.

ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J. R.; TAJAJ, M.; BOGUHN, J.; AMETAJ, B. N.; DROCHNER, W. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 1041-1056, 2012.

ZEBELI, Q.; DIJKSTRA, J.; TAJAJ, M.; STEINGASS, H.; AMETAJ, B. N.; DROCHNER, W. Modeling dietary fiber adequacy in dairy cows based on responses of ruminal pH and milk fat production to diet composition. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.2046-2066, 2008.

ZEBELI, Q.; TAJAJ, M.; STEINGASS, H.; METZLER, B.; DROCHNER, W. Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 651-668, 2006.

WEIMER, P. J.; WAGHORN, G. C.; ODT, C. L.; MERTENS, D.R. Effect of diet on populations of three species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p.122-134.

WEISS, W. P.; SHOEMAKER, D.; MCBETH, L.; YODER, P.; ST-PIERRE, N. Within farm variation in nutrient composition of feeds. Tri-State Dairy Nutrition Conference, 2012. **Proceedings...** p. 103-117

YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 1090-1098, 2005.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

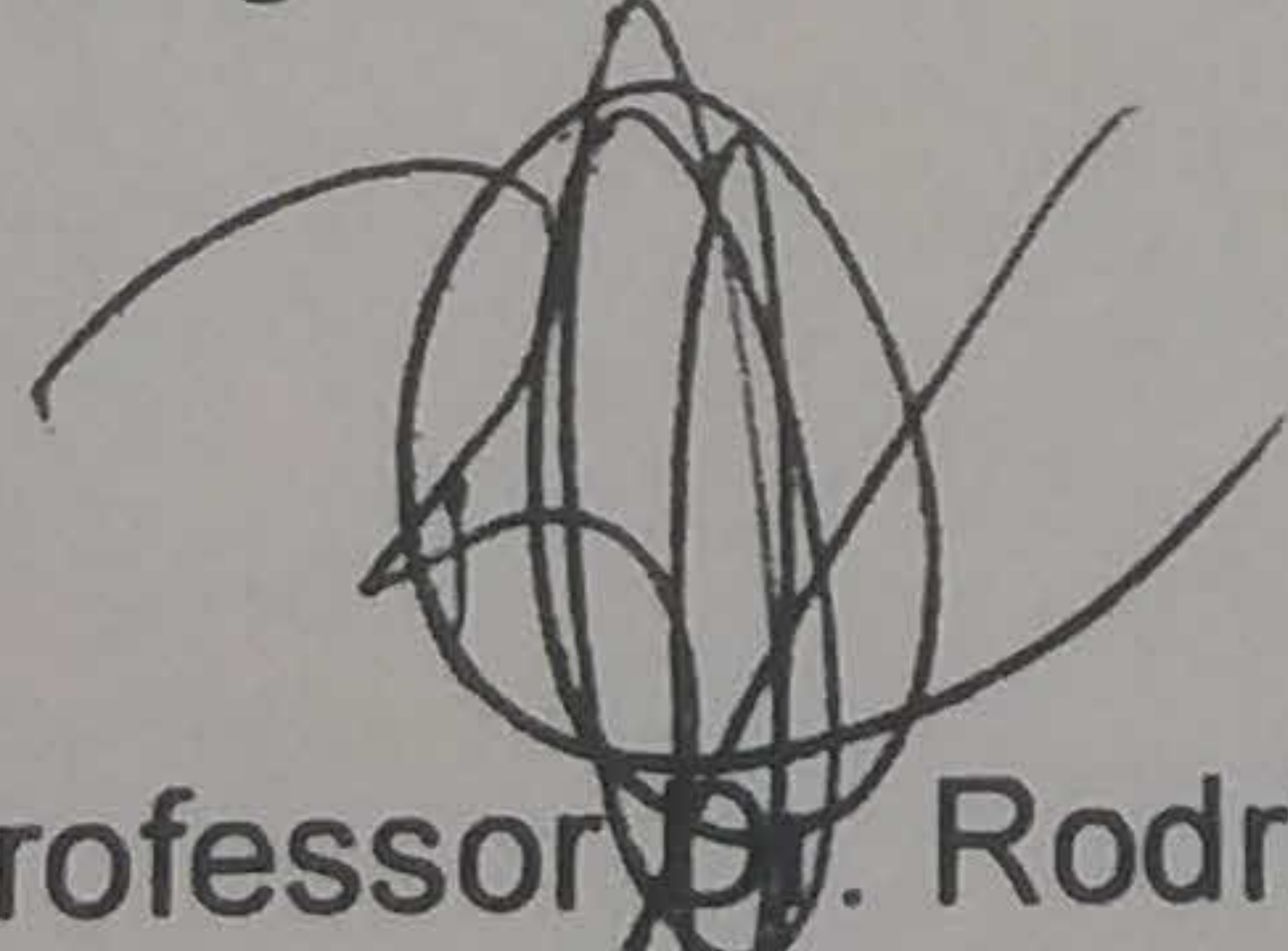
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

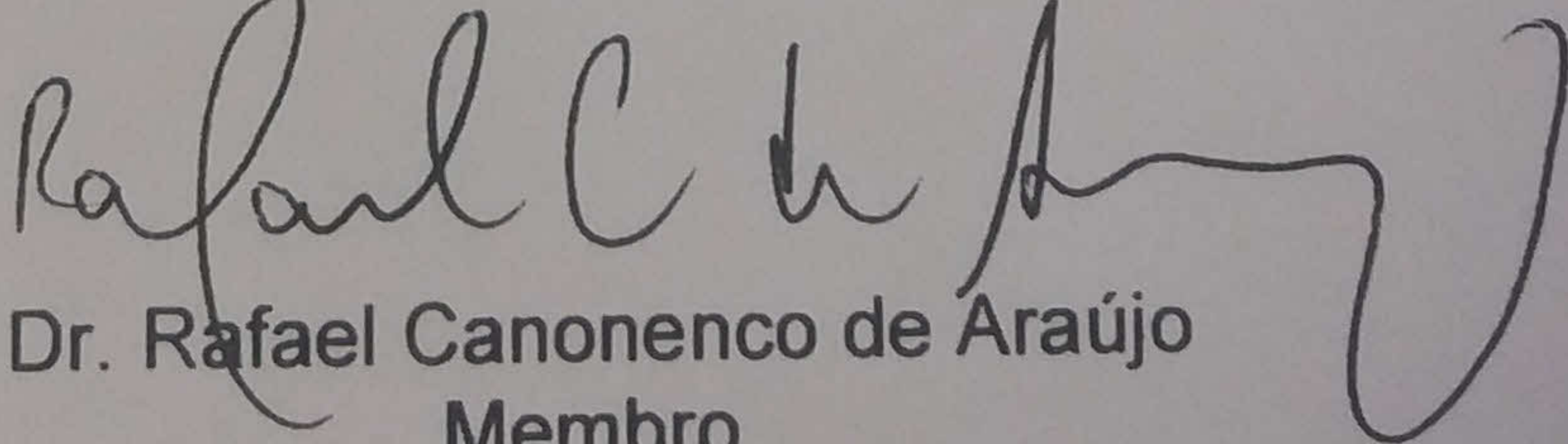
Às quatorze horas do dia vinte e quatro de março do ano de dois mil e dezesseis, nas dependências do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, reuniu-se a Comissão Julgadora constituída pelos membros Professor Dr. Rodrigo de Almeida (Presidente), Dr. Alexandre Mendonça Pedroso e o Professor Dr. Patrick Schmidt com a finalidade de arguir o discente **JORGE HENRIQUE CARNEIRO**, candidato à obtenção do Título de Mestre em Zootecnia, Área de Concentração em Nutrição e Produção Animal, que apresentou para análise dessa Comissão a Dissertação intitulada: "Nutrição de precisão em dietas para vacas leiteiras de alta produção e seus impactos na produção e composição do leite". Abertos os trabalhos, o candidato fez uma exposição oral sobre o conteúdo de sua Dissertação. Em seguida, o Presidente declarou aberta a etapa de arguição do candidato pelos membros da banca, sendo essa etapa encerrada pelo próprio Presidente. Concluída a arguição, a Comissão Julgadora reuniu-se privativamente para deliberar sobre o resultado da avaliação do candidato. Sobre o conteúdo da apresentação e do trabalho escrito do candidato, bem como sobre sua defesa, a Comissão julgou SUA APRESENTAÇÃO SATISFATORIA E BEM CONDUZIDA

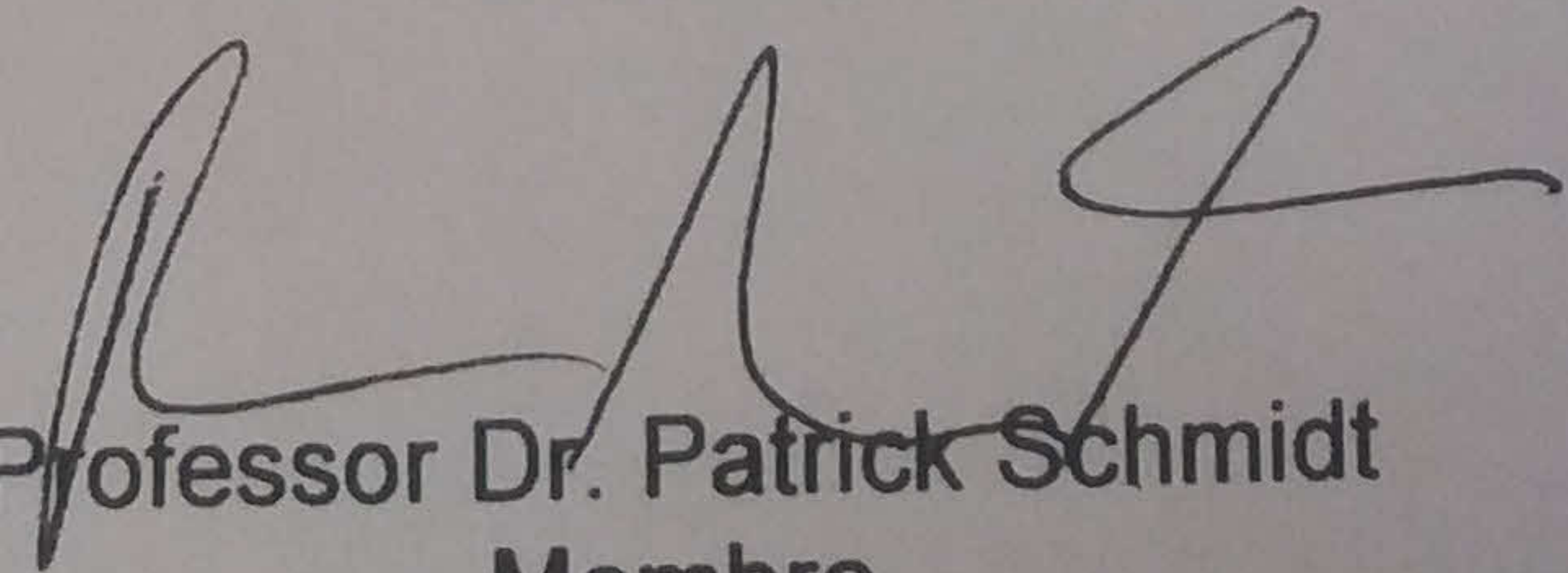
E SEU TRABALHO ESCRITO ESTÁ BEM REDIGIDO E TRAZ CONTRIBUIÇÃO

A ESTA ÁREA DO CONHECIMENTO

Reabertos os trabalhos, o candidato foi considerado APROVADO para obtenção do título de Mestre em Zootecnia, encerrando os trabalhos da Defesa de Dissertação dos quais eu, RODRIGO DE ALMEIDA, lavrei a presente Ata que vai por mim assinada e por todos os Membros da Comissão Julgadora. Curitiba, 24 de Março de 2016.


Professor Dr. Rodrigo de Almeida
Presidente/Orientador


Dr. Rafael Canonenco de Araújo
Membro


Professor Dr. Patrick Schmidt
Membro