

MÁRCIA MARIA OZIEMBLOWSKI

**SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA COM VOLUMOSO OU CONCENTRADO
PARA VACAS LEITEIRAS EM PASTO ANUAL DE INVERNO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Henrique M. N. R. Filho

LAGES

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a),
com auxílio do programa de geração automática
da Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Oziemblowski, Márcia Maria

Suplementação energética com volumoso ou
concentrado para vacas leiteiras em pasto anual de
inverno / Márcia Maria Oziemblowski. - Lages , 2018.
65 p.

Orientador: Henrique Mendonça Nunes Ribeiro-Filho
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal, Lages, 2018.

1. silagem de milho. 2. milho moído. 3. taxa de
substituição. 4. nitrogênio ureico no leite. I.
Ribeiro-Filho, Henrique Mendonça Nunes. II.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação. III. Título.

MÁRCIA MARIA OZIEMBLOWSKI

**SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA COM VOLUMOSO OU CONCENTRADO
PARA VACAS LEITEIRAS EM PASTO ANUAL DE INVERNO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

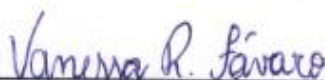
Banca examinadora:

Orientador:



Professor Dr. Henrique M. N. Ribeiro Filho
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

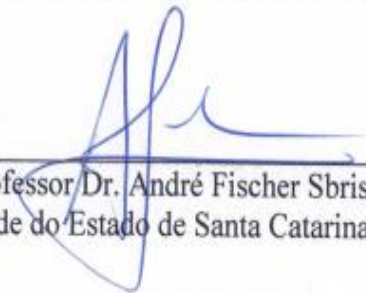
Membro:



Dra. Vanessa Ruiz Favaro

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI – Lages)

Membro:



Professor Dr. André Fischer Sbrissia
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Lages, 22 de fevereiro de 2018

Dedico aos meus pais Luiz e Hilda.
Obrigado por sempre me apoiarem!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pela saúde, pela força e por nunca ter me deixado perder a fé em dias melhores.

Aos meus pais Luiz e Hilda, pela compreensão, ajuda e amparo nos momentos difíceis. Obrigado por serem esses pais maravilhosos...tenho a certeza que são os melhores pais que Deus poderia ter me dado, amo vocês.

Aos meus irmãos Édson e Adriane, minha cunhada Daiane e minha sobrinha Érica, obrigada por de alguma maneira me ajudarem a seguir em frente.

Ao professor Dr. Henrique M. N. Ribeiro-Filho, pela oportunidade e confiança, por ter me acolhido em seu grupo de pesquisa e ter me dado orientações e ensinamentos que contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos Aline e João que me ajudaram na condução do experimento e na análise dos dados. Por sempre estarem a disposição para explicações e tirarem minhas dúvidas. Aos bolsistas e voluntários Matheus, Camila, Carol, Cássio, Gabriela e Guilherme que estavam mais presentes durante todo o experimento e aos demais que ajudaram durante toda a condução do experimento. Ao laboratorista Maurílio pela ajuda nas análises bromatológicas.

Ao professor Dr. André F. Sbrissia, por ter-me aberto as portas do CAV, me aceitado como estagiária no NUPEP e contribuído para meu crescimento profissional.

Aos meus amigos e colegas queridos da Produção Animal e Vegetal. Muito obrigado pela amizade de cada um de vocês: Joflson, Evelyn, Fábio, Francieli, Luana, Tiago, Lorena, João, Juliana, Cléverson, Ângela (Alechandro), Pablo, Amanda, Frederico, Clóvis, Priscila, Daniel, Paulo, Gabriela, Maurício, Mariana, Marie, Ricardo e Gustavo. Obrigado pelas conversas, ensinamentos repassados e pelos momentos de descontração que passamos juntos.

Ao amigo Clécio pelo incentivo, conversas e orientações, obrigada pela sua ajuda, foi fundamental para mim.

A Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade e estrutura disponível para realização do mestrado, assim como a todos os professores que contribuíram para meu aprendizado.

A Capes pela concessão da bolsa de Mestrado.

A todos serei eternamente grata e sentirei muitas saudades.

*“Feliz aquele que transfere o que
sabe e aprende o que ensina.”
- Cora Coralina*

RESUMO

A suplementação é capaz de aumentar o consumo de matéria seca (MS) total e energia de vacas leiteiras em pastejo. No entanto, devido ao efeito substitutivo entre suplemento e forragem pastejada, maiores alturas residuais da pastagem são verificadas em animais suplementados do que em animais exclusivamente em pasto. Diante disso, o objetivo da presente dissertação foi quantificar as variações no consumo de forragem, na produção e composição do leite, com o uso de suplementação com volumoso ou concentrado, mantendo-se a mesma proporção de forragem removida. Os tratamentos experimentais foram: exclusivamente a pasto (P); pastejo + 3,6 kg de MS de grão de milho moído (GM) e pastejo + 4,2 kg de MS de silagem de milho (SM). Os suplementos foram calculados para fornecer a mesma quantidade de energia líquida de lactação (EL_L). Doze vacas cruza Holandês × Jersey foram divididas em seis lotes uniformes de acordo com a produção de leite, estágio de lactação e peso vivo. Os tratamentos foram comparados de acordo com um delineamento experimental em duplo Quadrado Latino 3 × 3, com três períodos de dezessete dias (doze dias de adaptação e cinco de avaliações). O pasto utilizado foi Azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) e Aveia branca (*Avena sativa* L.), manejado em faixas diárias. Para alcançar a mesma altura pós-pastejo, as ofertas de forragem foram 41,3, 30,8 e 34,6 kg de MS vaca⁻¹ dia⁻¹ para os tratamentos P, SM e GM, respectivamente. A massa de forragem (média= 2534 kg de MS ha⁻¹) e a altura pré-pastejo (média= 27,3 cm) foram similares entre os tratamentos. A área oferecida por vaca dia foi maior para vacas em P, seguida das vacas GM e SM. Como esperado, não houve diferença na altura de dossel pós-pastejo entre os tratamentos (média= 17,6 cm). O consumo de forragem nos animais do tratamento SM não diferiu daqueles do tratamento GM, mas foi menor que nos do tratamento P. A taxa de substituição foi de 0,51 e 0,19 para os tratamentos SM e GM, respectivamente. O consumo de MS total foi maior nos tratamentos com suplementação em comparação ao sem suplementação. A produção de leite, a concentração e a produção de proteína no leite foram maiores nos animais recebendo grão de milho em comparação aos demais tratamentos. As concentrações de nitrogênio ureico no plasma e no leite, foram menores nos tratamentos com suplementação energética em comparação ao tratamento sem suplementação. Para cada unidade de silagem de milho e grão de milho consumidos, o manejo do pastejo permitiu reduzir a oferta de forragem em 3,5 e 1,9 kg DM, respectivamente. A suplementação com silagem de milho mantém a produção por animal e reduz a área de pastejo, enquanto a suplementação com grão de milho moído possibilita incrementos na produção por animal. Além disso, a suplementação energética com concentrado ou forragem conservada na forma de silagem de milho, melhora a utilização do nitrogênio em vacas leiteiras pastejando pasto anual de inverno.

Palavras chave: Silagem de milho, milho moído, taxa de substituição, nitrogênio ureico no leite.

ABSTRACT

The supplementation can increase the total dry matter (DM) and energy intake of grazing dairy cows. However, due to substitutive effects between supplement and grass grazed, higher residual post-grazing heights are verified in supplemented animals than grazing animals exclusively. Therefore, the aim of this dissertation was to quantify the changes in herbage intake, milk production and composition, using conserved forage or concentrate supplementation, remaining the same herbage proportion removed. The experimental treatments were: grazing exclusively (P); grazing + 3.6 kg DM of ground corn grain (GM) and grazing + 4.2 kg DM of corn silage (SM). Supplements were calculated to provide the same net energy lactation (NE_L). Twelve crossbred Holstein × Jersey dairy cows were divided into six uniform groups according to milk production, lactation stage and live weight. The treatments were compared according to a replicated 3 × 3 Latin square design, with three periods of seventeen days (twelve days to adaptation and five to measurements). The pasture used was annual ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) and white oats (*Avena sativa* L.), grazed in strip stocking method. To find the same post-grazing height, the herbage allowance were 41.3, 30.8 and 34.6 kg DM cow⁻¹ day⁻¹ for treatments P, SM and GM, respectively. Herbage mass (mean = 2534 kg DM ha⁻¹) and pre-grazing height (mean = 27.3 cm) were similar between treatments. The offered area by cow per day was higher in P, followed by GM and SM. As expected, there was no difference in post-grazing height between treatments (mean = 17.6 cm). Herbage intake in SM treatment did not differ from the GM treatment, but was lower than P treatment. The substitution rate was 0.51 and 0.19 in SM and GM treatments, respectively. Total DM intake was higher in supplemented treatments compared to unsupplemented treatment. Milk production, and concentration and production of protein were higher in animals receiving corn grain compared to the other treatments. Urea nitrogen concentration in plasma and milk were lower in energetic supplementation treatments compared to unsupplemented treatment. For each unit of corn silage and ground corn intake, the grazing management permitted to reduce herbage allowance in 3.5 and 1.9 kg DM respectively. The corn silage supplementation maintain the milk production per animal and reduces the grazing area, while the ground corn supplementation increase the milk production per animal. In addition, energetic supplementation with concentrate or conserved forage as corn silage, improve the nitrogen utilization in dairy cows grazing annual winter pasture.

Key words: corn silage, ground corn, substitution rate, milk urea nitrogen

LISTA DE TABELA

- Tabela 1 – Composição química e valor nutritivo da silagem de milho e grão de milho moído oferecido para vacas leiteiras em pastagem de Azevém anual (*Lolium multiflorum* cv. Barjumbo) + Aveia branca (*Avena sativa* cv. FUNDACEP – FAPA 43).46
- Tabela 2- Características pré-pastejo de pastos mistos de Azevém anual (*Lolium multiflorum* cv. Barjumbo) + Aveia branca (*Avena sativa* cv. FUNDACEP – FAPA 43), pastejados por vacas leiteiras recebendo somente pasto (P) ou suplementadas com silagem de milho (SM) ou grão de milho moído (GM).....51
- Tabela 3 – Características pós-pastejo e valor nutritivo do pasto quando pastejado por vacas leiteiras recebendo somente pasto, suplementadas com silagem de milho ou grão de milho moído.....52
- Tabela 4 – Consumo de matéria seca, balanço energético e comportamento em pastejo de vacas leiteiras que receberam somente pasto, pasto mais suplementação com silagem de milho ou grão de milho moído.53
- Tabela 5 – Produção e composição do leite e nitrogênio ureico no plasma sanguíneo em vacas leiteiras que receberam somente pasto, pasto mais suplementação com silagem de milho ou com grão de milho moído.....53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLA	Ácido linoleico conjugado
DGL	Depressão da gordura do leite
DMO	Digestibilidade da matéria orgânica
EL _L	Energia líquida de lactação
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
h	Hora
ha	Hectare
IMS	Ingestão de matéria seca
Mcal	Megacaloria
MF	Massa de forragem
Min	Minuto
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
NH ₃	Amônia
NUL	Nitrogênio ureico no leite
NUP	Nitrogênio ureico no plasma
NUS	Nitrogênio ureico no sangue
pH	Potencial hidrogênionico
PB	Proteína bruta
PDR	Proteína degradada no rúmen
PDIN	Proteína verdadeira digestível no intestino quando nitrogênio é limitante para síntese microbiana no rúmen
PDIE	Proteína verdadeira digestível no intestino quando energia é limitante para síntese microbiana no rúmen
RTM	Ração totalmente misturada
VLDL	Lipoproteínas de baixa densidade

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
>	Maior
<	Menor
~	Aproximadamente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1 IMPORTÂNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO EM SISTEMAS LEITEIROS A BASE DE PASTO	25
2.2 INTERAÇÃO ENTRE O USO DA SUPLEMENTAÇÃO E O CONSUMO DE FORRAGEM.....	26
2.3 USO DA SUPLEMENTAÇÃO E SEU EFEITO SOBRE A ALTURA RESIDUAL DO PASTO	28
2.4 EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO DE LEITE	29
2.5 INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO NA COMPOSIÇÃO DO LEITE.....	31
2.6 EFICIÊNCIA DO USO DO NITROGÊNIO DA DIETA EM VACAS RECEBENDO SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA	32
2.7 REFERÊNCIAS	35
3 HIPÓTESES	41
4 OBJETIVOS	43
5 MATERIAL E MÉTODOS	45
5.1 TRATAMENTOS, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANIMAIS.....	45
5.2 ÁREA E MANEJO DO PASTO	46
5.3 MEDIDAS NOS ANIMAIS	46
5.4 MEDIDAS NO PASTO E SUPLEMENTOS	47
5.5 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	48
5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	49
6 RESULTADOS.....	51
7 DISCUSSÃO	55
7.1 MANEJO DO PASTO E TAXA DE SUBSTITUIÇÃO.....	55
7.2 EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO SOBRE O CONSUMO DE MATÉRIA SECA E O COMPORTAMENTO EM PASTEJO	56
7.3 EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LEITE.....	57
7.4 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS	58
8 CONCLUSÃO.....	61
9 REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A pastagem é a fonte mais barata de nutrientes para vacas leiteiras e também contribui para a competitividade do sistema de produção (SILVA et al., 2008). Sistemas de produção a pasto são muito usados pelo seu menor custo, associado ao menor capital investido e despesas com mão de obra (DILLON et al., 2005).

A principal limitação desse sistema leiteiro no sul do Brasil, é a variação da taxa de acúmulo de forragem ao longo do ano, principalmente no outono e primavera. No outono as pastagens perenes estivais já estabelecidas no sistema não tem fatores climáticos favoráveis para seu desenvolvimento e as forrageiras anuais hibernais ainda não estão prontas para o pastejo. Na primavera as espécies anuais hibernais estão no final do seu ciclo vegetativo, diminuindo a quantidade e qualidade da forragem produzida e as perenes estivais estão no início do seu período de rebrota. O desafio torna-se compatibilizar a forragem disponível com a demanda dos animais ao longo do ano. Além disso, vacas de alta produção, não conseguem expressar seu potencial produtivo quando alimentadas exclusivamente com pasto. Outra situação que ocorre em muitas propriedades, refere-se a disponibilidades de área para os animais pastarem, uma vez que apresentam uma área disponível para o pastejo incompatível com o número de animais que possuem. Nestas situações, o uso da suplementação com alimentos concentrados ou volumosos é uma alternativa para manter ou aumentar o consumo individual de matéria seca e a produção de leite (BARGO et al., 2002a; DELAGARDE; PEYRAUD; DELABY, 1999; PÉREZ-PRIETO; PEYRAUD; DELAGARDE, 2011), assim como aumentar a taxa de lotação por hectare.

Isso ocorre porque o uso da suplementação influencia diretamente o consumo de pasto. Como pode ser observado em muitos estudos a suplementação pode provocar o efeito da taxa de substituição (BARGO; DELAHOY; MULLER, 2004; GRAINGER; MATHEWS, 1989; MIGUEL, 2016). A taxa de substituição está ligada a características do pasto, do animal e do suplemento e influencia diretamente o consumo de matéria seca (MS) total e a produção de leite dos animais. Altas taxas de substituição são encontradas quando animais tem uma alta oferta de massa de forragem e/ou com elevada qualidade. Isso acaba resultando em menor incremento no consumo de MS total e na resposta à produção de leite por kg de suplemento consumido (BARGO et al., 2002a; STOCKDALE, 1996). Desta forma, o uso da suplementação é particularmente aconselhável em situações de limitação na oferta de forragem (PEYRAUD; DELABY, 2001).

A suplementação energética apresenta uma grande importância para vacas leiteiras a pasto, pois em boas condições de pastagem, a energia se torna o nutriente limitante para a produção (KOLVER; MULLER, 1998). Além disso, pastos de clima temperado, normalmente possuem elevado teor de proteína bruta (PB) quando em estágio de desenvolvimento vegetativo (BURKE et al., 2008; SCHÖBITZ et al., 2013). Esta proteína, muitas vezes pode não ser totalmente aproveitada pelo animal, pois a energia é limitante para a síntese de proteína microbiana. Desta maneira, podem ocorrer elevações na produção de amônia no rúmen, a qual pode ser excretada para o meio ambiente na forma de ureia na urina ou leite (POWELL; ROTZ; WATTIAUX, 2014). Além disso, para a transformação da amônia em ureia se tem um grande gasto energético (KOZLOSKI, 2011). Mais uma vez, a suplementação energética, pode ser usada como uma ferramenta para diminuir os níveis de excreção de ureia no leite e para o meio ambiente (BARGO et al., 2002a; DELAHOY et al., 2003).

Devido a efeitos substitutivos, maiores alturas residuais pós-pastejo são verificadas em animais suplementados quando comparados com animais recebendo exclusivamente pasto em mesma oferta de MS (MCEVOY et al., 2008; PÉREZ-PRIETO; PEYRAUD; DELAGARDE, 2011). No entanto, esta resposta varia, entre outros fatores, de acordo com o tipo de suplemento utilizado. Normalmente, a suplementação com volumoso resulta em maiores taxas de substituição e maiores alturas residuais pós-pastejo, o que diminui o aproveitamento do pasto e compromete a qualidade nutricional da forragem para os próximos ciclos de pastejo. Desta forma, o uso da suplementação permite aumentar a taxa de lotação instantânea a fim de melhorar a eficiência do uso e atenuar reduções na qualidade da forragem nos ciclos de pastejo subsequentes. Inúmeros trabalhos têm sido realizados com o objetivo de determinar o efeito da substituição em vacas leiteiras (BURKE et al., 2008; CHAVES et al., 2002; MCEVOY et al., 2008; MIGUEL, 2016; STOCKDALE, 1996), mas a resposta à suplementação quando os animais suplementados são manejados para se obter a mesma altura residual pós-pastejo dos não suplementados ainda merece ser melhor estudada.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi quantificar as variações no consumo de forragem, produção e composição do leite, com o uso de suplementação com volumoso ou concentrado, mantendo a mesma proporção de massa de forragem removida.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO EM SISTEMAS LEITEIROS A BASE DE PASTO

Sistemas de produção de leite a base de pasto enfrentam limitações ao longo do ano devido a sazonalidade da produção de forragem. Isso ocorre porque existem períodos de maior produção e períodos de menor produção de forragem, que normalmente estão relacionados a fatores que limitam o crescimento, como, a temperatura, fotoperíodo e radiação solar (SBRISSIA et al., 2017). Além disso, ao longo do ciclo de crescimento das plantas forrageiras, normalmente a qualidade das mesmas diminui devido à redução na participação de folhas e aumento na proporção de colmos (GUZATTI et al., 2017). Em situações de baixa disponibilidade de pastagem e/ou de baixa qualidade nutricional das mesmas, uma alternativa para manter e/ou aumentar a produção de vacas leiteiras é o uso de suplementação, tanto com concentrado como volumoso.

A suplementação durante um maior período do ano, normalmente é usada para vacas de médio a alto mérito genético, as quais não conseguem obter somente da pastagem, mesmo sendo de boa qualidade, toda a energia que necessitam para suportar seu potencial produtivo (KOLVER; MULLER, 1998; DELABY; PEYRAUD; DELAGARDE, 2001). Dessa maneira, o principal objetivo da suplementação de vacas leiteiras em pastejo, é aumentar o consumo total de MS e o consumo de energia em relação ao que é obtido somente em dietas exclusivamente a pasto (PEYRAUD; DELABY, 2001). Como evidenciado em diferentes trabalhos, em que ao suplementar vacas leiteiras a pasto, obteve-se maior consumo de MS e de energia nas vacas suplementadas quando comparadas às não suplementadas (BARGO et al., 2002a; MIGUEL et al., 2014; PÉREZ-PRIETO; PEYRAUD; DELAGARDE, 2011).

A suplementação com alimento volumoso ou concentrado é uma alternativa em propriedades leiteiras quando a oferta de pasto não atende as exigências nutricionais dos animais, mas pode ser também utilizada visando à intensificação dos sistemas de produção de leite. Dentre os suplementos volumosos, a silagem de milho se destaca pelo seu elevado uso em sistemas de produção de leite. Ela fornece uma fonte de energia na forma de amido e fibra (KOLVER et al., 2001), mas tem baixo teor de proteína, minerais e vitaminas, sendo um adequado complemento nutricional para forragens com conteúdo de energia variável e alto conteúdo de proteína (PHILLIPS, 1988). Da mesma forma que a silagem de milho, a suplementação com concentrado também é muito usada em propriedades rurais que trabalham

com vacas leiteiras e fazem o uso da suplementação. Diferentes trabalhos na literatura tem feito o uso de concentrados energéticos ou proteicos (PIMENTEL et al., 2011; RIBEIRO FILHO et al., 2007; WALES et al., 1999) para suplementação de vacas leiteiras a pasto, visando aumento no consumo de MS total, nutrientes e produção de leite. Dessa forma, em regiões onde se tem variação no crescimento das forrageiras ao longo do ano ou em propriedades em que se tem grande número de animais e pouca área disponível para o pastejo, é de grande importância o uso da suplementação.

2.2 INTERAÇÃO ENTRE O USO DA SUPLEMENTAÇÃO E O CONSUMO DE FORRAGEM

O tipo de suplemento apresenta diferentes influências no consumo de MS de forragem pastejada. A suplementação com alimento volumoso, como silagem de milho, diminui mais drasticamente o consumo de pasto quando comparado com vacas que são suplementadas com alimento concentrado (DELAGARDE et al., 2011). Essa diminuição no consumo de pasto é denominada de taxa de substituição, a qual consiste na redução do consumo de MS do pasto por kg de MS ingerida de suplemento.

Existem fatores relacionados a pastagem, ao suplemento e ao animal, que podem influenciar a taxa de substituição (BARGO et al., 2003). Os fatores relacionados ao pasto são a oferta, a altura, o tipo de pasto, a massa de forragem e seu valor nutritivo. Os relacionados ao suplemento são a quantidade e o tipo de suplemento. E os fatores relacionados aos animais são o estágio de lactação, o mérito genético e o nível de produção (STOCKDALE, 2000).

O efeito da taxa de substituição pode estar relacionado a efeitos negativos da suplementação sobre o ambiente ruminal, afetando a digestibilidade dos componentes fibrosos da dieta, a relação entre a exigência e o consumo de energia metabolizável dos animais (DIXON; STOCKDALE, 1999) e a redução no tempo gasto para o consumo de forragem base (BARGO et al., 2003).

O balanço energético das vacas, difere de acordo com o valor nutritivo da forragem e a quantidade consumida. A taxa de substituição normalmente será alta se a ingestão de energia metabolizável a partir do pasto for alta (PÉREZ-PRIETO; PEYRAUD; DELAGARDE, 2011). De outra forma, animais ingerindo forragens de baixa digestibilidade têm menor taxa de substituição quando comparados a animais ingerindo forragens de alta digestibilidade (DIXON; STOCKDALE, 1999). Assim, a taxa de substituição se altera ao longo do ciclo de pastejo, devido a mudanças na composição nutricional das forrageiras, assim como, ocorrem mudanças

nas exigências nutricionais dos animais. Além disso, o valor nutritivo do suplemento oferecido também influenciará na taxa de substituição. Taxas de substituição mínimas podem ser encontradas quando o alimento suplementar possui menor valor nutritivo que a forrageira base, fazendo assim com que existam sobras do suplemento em relação à quantidade oferecida aos animais (MIGUEL et al., 2014).

A taxa de substituição está relacionada com o nível de suplemento e de forragem oferecido aos animais (DELAGARDE et al., 2011). Com o uso de suplemento concentrado, valores de taxa de substituição de 0,26 a 0,55 são encontrados para baixa e alta oferta de forragem (25 vs. 40 kg de MS de forragem ao nível de solo) (BARGO et al., 2002a). Estes valores estão dentro do intervalo (0,0 a 0,6) predito por Delagarde et al., (2011) em seu modelo. Para suplementação com volumoso a taxa de substituição geralmente é maior. Pérez-Prieto, Peyraud e Delagarde (2011) em duas ofertas de forragem (18 e 30 kg de MS, >2,5 cm do solo) observaram maior taxa de substituição (0,75) em maior oferta de pasto quando comparado com baixa oferta de pasto (0,51). Segundo o modelo de Delagarde et al. (2011) a taxa de substituição média é de 0,8 para silagem de milho e pastagem (gramíneas), sendo que de baixa para alta oferta de forragem, varia de 0,4 a 1,1, respectivamente. Phillips (1988), em um trabalho de revisão de literatura, também relata que as taxas de substituição com suplemento volumoso variam de 0,3 até 1,0 em baixa e alta oferta de forragem, respectivamente.

O consumo de MS do pasto pode ser expresso como produto do tempo de pastejo (minutos dia^{-1}), taxa de bocado (bocados dia^{-1}) e massa de bocado (g MS dia^{-1}) (ALLDEN; WHITTAKER, 1970). Entre as três variáveis, a massa de bocado é a que tem maior influência no consumo de MS do pasto (CHACON; STOBBS, 1976). A massa de bocado é principalmente afetada por características relacionadas ao pasto, tais como altura, proporção de folhas e massa (ORR et al., 2004). O tempo de pastejo e a taxa de bocados agem como mecanismo compensatórios para evitar a redução no consumo de MS quando a massa decresce (GIBB et al., 1997). Além da estrutura do pasto, a suplementação também pode modificar o comportamento ingestivo das vacas em pastejo. Um decréscimo médio de 12 minutos no tempo de pastejo para cada kg de MS de suplemento consumido foi observado quando vacas leiteiras foram suplementadas com concentrado (BARGO et al., 2003; SHEAHAN; GIBBS; ROCHE, 2013). O tempo de ruminação também é afetado, Pérez-Prieto, Peyraud e Delagarde, (2011) observaram um aumento no tempo de ruminação de 98 minutos, ou seja, 13 minutos kg^{-1} de MS de volumoso consumido. Quando suplementou-se com concentrado, foi observado uma diminuição no tempo de ruminação de 87 minutos dia^{-1} (BARGO et al., 2002a).

Quando o suplemento tem menor valor nutritivo que a pastagem, as vacas tendem a compensar a deficiência no consumo de nutrientes aumentando o tempo gasto em pastejo. Mendes (2016), suplementou vacas com silagem de milho de menor valor nutritivo que a forragem base. Isso fez com que as vacas suplementadas utilizassem maior proporção do tempo em que permaneceram nos piquetes pastejando (0,43 vs. 0,75 para vacas somente a pasto e vacas suplementadas com silagem de milho, respectivamente).

2.3 USO DA SUPLEMENTAÇÃO E SEU EFEITO SOBRE A ALTURA RESIDUAL DO PASTO

A maioria dos estudos publicados na literatura, não adotam nenhuma estratégia de manejo para evitar os efeitos substitutivos do suplemento sobre as características residuais da pastagem. Em estudos realizados com suplementação com concentrado (BARGO et al., 2002a; BARGO; DELAHOY; MULLER, 2004; MCEVOY et al., 2008) e com volumosos (MOATE; ROGERS; ROBINSON, 1984; PÉREZ-PRIETO; PEYRAUD; DELAGARDE, 2011; STOCKDALE, 1996), observou-se que a medida que se aumenta a oferta de pasto ou o nível de suplementação, ocorre redução na utilização do pasto, resultando em maior altura residual de perfilhos e massa de forragem pós-pastejo. Esta maior altura residual, acaba gerando desperdício de pasto e deprimindo a qualidade do mesmo para os próximos ciclos de pastejo. Trabalhos que reduziram a oferta de forragem para vacas suplementadas observaram aumento na utilização do pasto quando comparando com vacas em alta oferta de forragem (BURKE et al., 2008; CHAVES et al., 2002; WOODWARD et al., 2006). Porém, os trabalhos em que houve diminuição da oferta de forragem para os animais suplementados também não tiveram como objetivo criar uma estratégia de manejo para aumentar a eficiência do uso da pastagem. Uma das exceções foi o estudo realizado por Miguel (2016), o qual teve como meta diminuir a oferta de forragem para os animais suplementados, de maneira que a proporção de forragem removida fosse a mesma que a dos animais não suplementados. O autor ofereceu dois níveis de oferta de forragem (15 e 30 kg de MS ha⁻¹) e utilizou três estratégias de suplementação: tratamento sem suplementação; 5 kg de MS de silagem de milho em similar oferta de forragem e 5 kg de MS de silagem de milho em similar altura pós-pastejo, para investigar os efeitos da substituição em similar oferta de forragem e com uma estratégia para minimizar os efeitos da substituição sobre o pasto. Como resultado, observou que a altura da lâmina estendida em pós-pastejo foi maior na estratégia com suplementação em similar oferta de forragem do que nas demais estratégias. A similar altura pós-pastejo para a estratégia com suplementação em similar altura pós-pastejo

em comparação com o tratamento sem suplementação foi obtida com uma diminuição da área diária oferecida por vaca em 19%. Representando uma redução na oferta de forragem de 3,5 e 4,9 kg de MS dia⁻¹ em baixa e alta oferta de forragem respectivamente.

O manejo com suplementação em similar altura pós-pastejo foi realizado com o objetivo de simular o que acontece na prática quando produtores suplementam seus animais, pois tem-se sempre como objetivo maximizar o uso da pastagem. No dia-a-dia, para que ocorra o maior uso da pastagem, aumenta-se a taxa de lotação ou reduz-se a área oferecida para os animais. No entanto, devido as altas taxas de substituição encontradas no trabalho de Miguel (2016) com a estratégia de redução da área ofertada para vacas suplementadas, a resposta em produção de leite foi muito pequena. Desta forma, novos estudos com esta estratégia de manejo do pasto devem ser realizados para investigar o efeito de diferentes tipos de suplementos e forragens, para que futuramente possa-se auxiliar os produtores a adotarem estratégias que aumentem a eficiência do sistema de produção de leite.

2.4 EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO DE LEITE

Vacas leiteiras no terço médio de lactação, mantidas em pastagem de azevém anual de alta qualidade (>22% de PB, 53% de FDN e 75% de DMO) e recebendo alta oferta de forragem (40 kg de MS vaca⁻¹dia⁻¹ ao nível do solo) sem suplementação, são capazes de manter seu balanço energético positivo, consumir mais de 16 kg MS vaca⁻¹ dia⁻¹ e produzir até 21 kg leite dia⁻¹ (RIBEIRO FILHO et al., 2009). Isto está de acordo com o que Delaby, Peyraud e Delagarde (1999) encontraram a partir de dados de 187 lactações, avaliando o desempenho de vacas em pastejo. Os autores observaram que na primavera, vacas somente a base de pasto, podem produzir até 22,2 kg de leite sem o uso de suplementação. Porém, há diferença nos resultados de acordo com o potencial produtivo das vacas.

A eficiência da suplementação, ou seja, kg de aumento em leite por kg de aumento no consumo de MS do suplemento, depende do efeito da suplementação no consumo de forragem. Existe geralmente uma relação negativa entre taxa de substituição e eficiência de suplementação (BARGO et al., 2003).

Maiores eficiências de suplementação são esperadas quando as vacas são suplementadas com alimento concentrado do que com alimento volumoso, ou quando a oferta de pasto é restrita. Uma maior taxa de substituição, faz com que o consumo de MS total seja somente ligeiramente aumentado, fazendo assim, com que se tenha uma baixa eficiência de

suplementação (STOCKDALE; TRIGG 1989; PHILLIPS 1988). Delaby, Peyraud e Delagarde, (2001) observaram que a produção de leite aumentou linearmente quando foi fornecido para vacas leiteiras até 6 kg de concentrado em baixa oferta de pasto. No entanto, em alta oferta, o aumento da produção de leite foi observado até 4 kg de concentrado por dia. Neste caso, maiores ofertas de pasto diminuem o déficit de energia dos animais, aumentando assim a taxa de substituição.

Bargo et al. (2002a) suplementando vacas com 0 ou 1 kg de concentrado para cada 4 kg de leite, obtiveram como resposta uma produção de 1,36 e 0,96 kg de leite kg^{-1} de suplemento, em baixa e alta oferta de pasto (25 e 40 kg de MS, ao nível de solo), respectivamente. McEvoy et al., (2008) em um de seus experimentos, oferecendo dois níveis de forragem, sugerem que a resposta em leite para vacas no início da lactação e suplementadas com concentrado, depende do nível de forragem oferecida. Vacas recebendo 13 kg de MS de forragem ($> 4\text{cm}$ do solo) tiveram resposta de 0,56 e 0,80 kg de leite kg^{-1} de concentrado, para 3 e 6 kg de suplemento. As vacas recebendo 17 kg de MS de forragem ($> 4\text{ cm}$ do solo) tiveram resposta de 0,67 e 0,63 kg de leite kg^{-1} de concentrado para 3 e 6 kg de suplemento.

Trabalhando com duas ofertas de trevo branco (*Trifolium repenses* cv. Haifa) (19 ou 39 kg MS vaca⁻¹ dia⁻¹ ao nível do solo) e suplementando com 0 ou 4,4 kg de MS de silagem de milho, Stockdale (1996) obteve resposta em produção de leite através do uso da suplementação somente para baixa oferta de forragem (0,81 kg de leite kg^{-1} de suplemento), enquanto que, em alta oferta de forragem a resposta para silagem de milho foi quase insignificante (0,1 kg de leite kg^{-1} de suplemento) devido à alta taxa de substituição observada.

Quando três estratégias de suplementação (sem suplemento, suplementadas com 5 kg de MS dia⁻¹ de silagem de milho com uma mesma oferta de pasto e suplementadas com 5 kg de MS dia⁻¹ de silagem de milho com mesma altura pós-pastejo) foram testadas em duas ofertas de pasto (15 ou 30 kg de MS vaca⁻¹ dia⁻¹, $> 3\text{ cm}$), Miguel (2016) obteve efeito positivo tanto na resposta em produção de leite (0,23 kg de leite kg^{-1} de suplemento) como no consumo de MS total (+ 1,7 kg de MS), somente em baixa oferta de pasto. Dessa maneira, levando em consideração o efeito da suplementação na produção de leite, o uso da suplementação deve ser fornecida em períodos de escassez de forragem, em áreas com disponibilidades restrita de pasto (PEYRAUD; DELABY, 2001), ou visando melhorar o balanceamento de nutrientes na dieta.

2.5 INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO NA COMPOSIÇÃO DO LEITE

A composição do leite pode sofrer alterações devido a vários fatores, dentre eles estão: fatores genéticos, estágio de lactação, idade da vaca, nível de produção de leite, ambiente, doenças e a nutrição alimentar. Cerca de 55% da variação na composição do leite deve-se a hereditariedade, enquanto 45% é devido a fatores ambientais como o manejo da alimentação (TEIXEIRA, 1997). A quantidade e qualidade do alimento oferecido aos animais influencia diretamente na produção e composição do leite. Desta maneira, faz-se importante entender sobre a fisiologia digestiva e as interações que ocorrem com diferentes tipos de alimentos, para realizar um manejo alimentar adequado às vacas leiteiras.

O leite apresenta em média 3,5% gordura, 3,5% proteínas, 4,8% de lactose, menos de 1% de compostos orgânicos e minerais e o restante é água (KOZLOSKI, 2011). Dentre os principais componentes do leite (gordura, proteína e lactose), a gordura é o que mais pode sofrer variação em função da alimentação. Gordura, proteína e lactose são sintetizadas nas células dos alvéolos da glândula mamária, tendo como precursores, substâncias extraídas do sangue. A gordura do leite é em parte formada pelos precursores ácido acético e butírico, os quais são produzidos no rúmen, e outra parte provém de quilomicrons e lipoproteínas de baixa densidade (VLDL) absorvidos intestinalmente e os provenientes de mobilização corporal (LARSON, 1974). O ácido acético e o butírico são ácidos graxos voláteis produzidos no rúmen a partir da degradação dos alimentos da dieta. Sendo sua proporção molar aumentada quando são oferecidas dietas volumosas, com maior concentração de fibras (KOZLOSKI, 2011).

Os precursores para síntese da proteína do leite em sua maior parte são os aminoácidos absorvidos no intestino delgado, os quais são provenientes da proteína verdadeira microbiana e da proteína da dieta não degradada no rúmen (KOZLOSKI, 2011). A maximização da síntese da proteína microbiana é importante para a síntese das proteínas que irão compor o leite.

A lactose é o açúcar do leite e é sintetizada na glândula mamária a partir da glicose, formada pela neoglicogênese no fígado, que tem como precursor substratos provenientes do trato gastrointestinal, principalmente o propionato e aqueles provenientes do tecidos periféricos (aminoácidos e glicerol). Quanto maior a presença de amido na dieta, maior é a diminuição no pH ruminal, o que favorece o crescimento de microrganismos com maior velocidade de crescimento e habilidade para a produção de propionato (KOZLOSKI, 2011).

Alguns trabalhos evidenciam a influência da dieta na produção de gordura e proteína do leite. Altos níveis de oferta de concentrado podem causar diminuição na porcentagem de gordura do leite (PEYRAUD; DELABY, 2001), embora ocorra muita variação na resposta. Esta

diminuição de gordura pode ser devido ao efeito da diluição, em que a concentração de gordura aumenta menos que a produção de leite (DELABY; PEYRAUD; DELAGARDE, 2001). No entanto, a produção de gordura total é aumentada, devido ao aumento na produção total de leite. De outra maneira, com elevado consumo de concentrado nas dietas ocorrem modificações no pH ruminal, ocasionando a diminuição da relação acetato: propionato, o que pode diminuir a produção de gordura no leite devido a menor produção molar do acetato, precursor da gordura do leite (BARGO et al., 2003). O fornecimento de certos tipos de dieta podem promover uma grande redução no teor da gordura do leite, o que é conhecido como depressão da gordura do leite (DGL). A DGL é resultante de uma grande redução da secreção de ácidos graxos de cadeia curta e média, provenientes da síntese *de novo*. Em condições de baixo pH ruminal e presença de lipídios polinsaturados na dieta, ocorre uma alteração nas rotas de biohidrogenação ruminal, produzindo-se um ácido graxo específico (CLA trans-10 cis-12) que tem sua concentração aumentada no leite de vacas com DGL (KOZLOSKI, 2011). Geralmente a suplementação com alimentos volumosos não afeta a porcentagem de gordura do leite (MIGUEL et al., 2014; MITANI et al., 2005; PÉREZ-PRIETO; PEYRAUD; DELAGARDE, 2011) devendo-se basicamente a manutenção de um pH ruminal elevado, possibilitando a melhor fermentação da fibra e maior produção molar de acetato. Suplementações com concentrado ou volumoso energéticos podem aumentar a porcentagem de proteína e, provavelmente, isso está ligado ao maior consumo de energia total nas vacas suplementadas (BARGO et al., 2002a; MIGUEL et al., 2014), estimulando o crescimento microbiano e a síntese de proteína microbiana.

2.6 EFICIÊNCIA DO USO DO NITROGÊNIO DA DIETA EM VACAS RECEBENDO SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA

O aumento na utilização de nitrogênio na agricultura e pecuária vem crescendo com o aumento da demanda de alimentos. No entanto, muitas vezes, esse nutriente não é eficientemente utilizado e acarreta em poluição dos recursos hídricos e aumento dos gases de efeito estufa (FOLLETT; HATFIELD, 2001). A proteína é considerada o nutriente mais caro da dieta animal. Dessa maneira, é importante ter-se o conhecimento de como ela pode ser aproveitada de forma eficiente, reduzindo as perdas de nutrientes, dinheiro e contribuindo no aumento da produção de leite.

No rúmen, compostos contendo nitrogênio são total ou parcialmente degradados a aminoácidos, peptídeos e amônia (NH₃). A NH₃ liberada no rúmen a partir de aminoácidos e do nitrogênio não proteico é parcialmente incorporada como proteína microbiana e parte

absorvida através do epitélio ruminal, entrando na circulação portal. Parte da NH_3 pode ainda sair com a digesta e ser absorvida nos intestinos (KOZLOSKI, 2011). Em dietas que se tem oferta de energia fermentável limitante, proteína em excesso ou proteína rapidamente degradada no rúmen, poderá ocorrer uma produção excessiva de NH_3 , e nem toda a NH_3 produzida poderá ser convertida em proteína microbiana. A NH_3 produzida em excesso é absorvida pelas paredes ruminais e transportada para o fígado, onde é convertida em ureia, com gasto energético. Esta ureia poderá retornar para o rúmen, onde é novamente convertida em NH_3 e servir como fonte de nitrogênio para bactérias. Além de retornar para o rúmen, a ureia também pode ser excretada para o meio ambiente através da urina (nitrogênio urinário) ou, como se trata de uma pequena molécula altamente solúvel em água, se difundir em outros tecidos do corpo, como o úbere, e ser excretada como nitrogênio ureico no leite (NUL) (POWELL; ROTZ; WATTIAUX, 2014).

Em uma revisão de literatura, Powell, Rotz e Wattiaux (2014) mencionam que do nitrogênio consumido na dieta, o que não é excretado no leite, é excretado de forma igual (~35%) na urina e nas fezes. Níveis de NUL tem sido usados para monitorar e ajustar o nível de proteína bruta da dieta em fazendas leiteiras, levando em conta que existe uma alta correlação entre o nível de NUL e de nitrogênio ureico no sangue (NUS) (COLMENERO; BRODERICK, 2006). Com isso, busca-se aumentar a eficiência do uso do nitrogênio, evitando-se perdas de proteína da dieta, perdas de produção, excreção de nitrogênio na urina e conseqüentemente contaminações ambientais.

As pastagens de inverno tem sido utilizadas como a principal fonte de alimento para vacas leiteiras no sul do Brasil. Dentre as forrageiras mais utilizadas para alimentação de vacas leiteiras no período de inverno, destacam-se as aveias (*Avena sativa* L. e *Avena strigosa* S.) e o azevém anual (*Lolium multiflorum* L.). O valor nutritivo destas forrageiras varia em função do seu estágio de crescimento. Durante o estágio vegetativo, apresentam alta proporção de folhas, baixo teor de fibra e altos teores de proteína degradável no rúmen. Altas concentrações de proteína geralmente excedem a demanda da flora ruminal (COLMENERO; BRODERICK, 2006). Quando essas pastagens apresentam alto valor nutritivo, com elevados teores de proteína bruta (BARGO et al., 2002b; BURKE et al., 2008) e não existe restrição quantitativa na oferta de forragem, a energia passa a ser o fator limitante para a produção de leite (PEYRAUD; DELAGARDE, 2013). Dessa forma, a menor eficiência do uso do nitrogênio em condições de pastejo é basicamente devido ao alto consumo de nitrogênio, juntamente com alta concentração de proteína solúvel e assincronia com a oferta de energia no rúmen.

A suplementação com carboidratos pode ser uma alternativa para fornecer energia suplementar para vacas leiteiras em sistemas a base de pasto, melhorando a eficiência de uso

da proteína da forragem, possibilitando aumento da síntese de proteína microbiana e diminuindo a excreção de nitrogênio na forma de NUL (BARGO; DELAHOY; MULLER, 2004), como também na urina e fezes.

Delahoy et al. (2003) conduziram dois experimentos para avaliar a suplementação com fontes de milho floculado e de fibra não forragem para vacas leiteiras em pastejo. No experimento 1, as vacas receberam suplementação com milho quebrado e floculado a vapor e no experimento 2 as vacas receberam suplementação com milho moído e fibra não forragem. Em relação a excreção de NUL, os autores encontraram como resultado que no experimento 1, o NUL tendeu ($P < 0,10$) a ser menor com o milho floculado a vapor, sugerindo uma melhoria na utilização do nitrogênio. No experimento 2, as vacas alimentadas com suplemento a base de milho moído tiveram um menor ($P < 0,02$) conteúdo de NUL. A melhor utilização de nitrogênio pode ter ocorrido pela maior captura de nitrogênio ruminal, por se ter uma alta oferta de carboidratos não fibrosos e pela menor produção de nitrogênio ruminal devido ao menor teor de PDR na dieta.

Gehman et al., (2006) relataram que, segundo revisões de literatura, a polpa cítrica e a cevada tem maior taxa de degradação do amido quando comparado com o amido de milho e isso poderia melhorar a sincronia entre a degradação da proteína do pasto de azevém (*Lolium multiflorum* L.) e o carboidrato do suplemento. Então, os autores avaliaram a substituição parcial do milho moído por cevada laminada e melaço ou por polpa cítrica e melaço. Eles observaram como resultado que o milho moído e a polpa cítrica mais melaço apresentaram os menores valores de NUL, porém, os autores relatam que os valores de NUL foram menores do que o esperado quando comparados com outros estudos em pastejo. Os efeitos dos tratamentos podem ter sido minimizados pelo teor relativamente baixo de proteína bruta (16,5% da MS) do azevém utilizado no experimento.

Bargo et al., (2002b) em um experimento de 21 semanas, com vacas leiteiras, ofertaram três tipos de dietas: pasto mais concentrado a base de grão de milho; pasto mais ração totalmente misturada (RTM) e RTM. O conteúdo de proteína bruta das dietas foi respectivamente de: 21,8; 19,1 e 16,9%. O alto conteúdo de proteína bruta da dieta pasto mais concentrado a base de milho, foi resultado do alto teor de proteína do pasto (26,3%). O NUL decresceu no tratamento RTM quando comparado com pasto mais concentrado (14,9 mg dL⁻¹ para pasto mais concentrado e 10,6 mg dL⁻¹ no RTM) e o tratamento pasto mais RTM foi intermediário (12,0 mg dL⁻¹). Esta diminuição no nível de NUL está relacionada com o menor índice de proteína bruta da dieta RTM e pasto mais RTM.

Burke et al. (2008), conduziram um experimento em que avaliaram cinco dietas: alta oferta de pasto (20 kg MS vaca⁻¹ dia⁻¹); baixa oferta de pasto (15 kg MS vaca⁻¹ dia⁻¹); baixa oferta de pasto mais suplementação com silagem de milho; baixa oferta de pasto mais suplementação com concentrado com alta proteína bruta e baixa oferta de pasto mais concentrado com baixa proteína bruta (polpa cítrica). Como resultado obtiveram que as dietas: baixa oferta de pasto e pasto mais concentrado com baixa proteína, tiveram os menores valores de NUL (2,1 mmol/l) em comparação com as demais dietas. Segundo os autores, os maiores valores obtidos nos tratamentos alta oferta de pasto, suplementação com silagem e suplementação com concentrado com alta proteína, indicam que houve excedente de nitrogênio nestes tratamentos.

2.7 REFERÊNCIAS

ALLDEN, W. G.; WHITTAKER, I. A. M. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 21, p. 755–766, 1970.

BARGO, F. et al. Milk Response to Concentrate Supplementation of High Producing Dairy Cows Grazing at Two Pasture Allowances. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1777–1792, 2002a.

BARGO, F. et al. Performance of High Producing Dairy Cows with Three Different Feeding Systems Combining Pasture and Total Mixed Rations. **Journal of dairy science**, v. 85, n. 11, p. 2948–2963, 2002b.

BARGO, F. et al. Invited Review: Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 1–42, 2003.

BARGO, F.; DELAHOY, J. E.; MULLER, L. D. Milk Production of Dairy Cows Fed Total Mixed Rations After a Grazing Period. **The Professional Animal Scientist**, v. 20, n. 3, p. 270–277, 2004.

BURKE, F. et al. Effect of pasture allowance and supplementation with maize silage and concentrates differing in crude protein concentration on milk production and nitrogen excretion by dairy cows. **Livestock Science**, v. 114, p. 325–335, 2008.

CHACON, E.; STOBBS, T. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 27, n. 5, p. 709–727, 1976.

CHAVES, A. V et al. Post-peak supplementation of pasture fed dairy cows with sulla and maize silages. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, v. 64, p. 125–128, 2002.

COLMENERO, J. J. O.; BRODERICK, G. A. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 5, p. 1704–1712, 2006.

DELABY, L.; PEYRAUD, J.; DELAGARDE, R. Production des vaches laitières au pâturage sans apport de concentré. **Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants**, v. 6, p. 123–126, 1999.

DELABY, L.; PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. Effect of level of concentrate supplementation, herbage allowance and milk yield at turn-out on the performance of dairy cows in mid lactation at grazing. **Animal Science**, v. 73, p. 171–181, 2001.

DELAGARDE, R. et al. GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 3. Simulations and external validation of the model. **Grass and Forage Science**, v. 66, n. 1, p. 61–77, 2011.

DELAGARDE, R.; PEYRAUD, J.-L.; DELABY, L. Influence of carbohydrate or protein supplementation on intake, behaviour and digestion in dairy cows strip-grazing low-nitrogen fertilized perennial ryegrass. **Annales de zootechnie**, v. 48, p. 81–96, 1999.

DELAHOY, J. E. et al. Supplemental carbohydrate sources for lactating dairy cows on pasture. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 3, p. 906–915, 2003.

DILLON, P. et al. Optimising financial return from grazing in temperate pastures. In: MURPHY, J.J. **Utilisation of grazed grass in temperate animal systems**. Cork, Ireland: Proceedings of a satellite workshop of the XXth International Grassland Congress. 2005, p.37-47.

DIXON, R.M.; STOCKDALE, C. R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 50, p. 757–773, 1999.

FOLLETT, R. F.; HATFIELD, J. L. Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. **The Scientific World**, v.1, p. 920-926, 2001.

GEHMAN, A M. et al. The effect of carbohydrate source on nitrogen capture in dairy cows on pasture. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 7, p. 2659–2667, 2006.

GIBB, M. J. et al. Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein Friesian cows. **Grass and Forage Science**, v. 52, n. 3, p. 309–321, 1997.

GRAINGER, C.; MATHEWS, G. L. Positive Relation between Substitution Rate and Pasture Allowance for Cows Receiving Concentrates. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 29, p. 355–360, 1989.

GUZATTI, G. C. et al. Changes in the short-term intake rate of herbage by heifers grazing annual grasses throughout the growing season. **Japanese Society of Grassland Science**, p. 1–10, 2017.

KOLVER, E. S. et al. Maize silage for dairy cows. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, v. 63, p. 195–201, 2001.

KOLVER, E. S.; MULLER, L. D. Performance and Nutrient Intake of High Producing Holstein Cows Consuming Pasture or a Total Mixed Ration. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 5, p. 1403–1411, 1998.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3 ed. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

LARSON, B. L.; SMITH, V. R. **Lactation: A comprehensive Treatise**. Vol.2. New York: Academic Press, 1974.

MCEVOY, M. et al. The Effect of Herbage Allowance and Concentrate Supplementation on Milk Production Performance and Dry Matter Intake of Spring-Calving Dairy Cows in Early Lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 1258–1269, 2008.

MENDES, D. **Efeito da suplementação com silagem de milho ou ração parcialmente misturada para vacas leiteiras em pasto perene de inverno**. 2016. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

MIGUEL, M. F. et al. Pasture intake and milk production of dairy cows grazing annual ryegrass with or without corn silage supplementation. **Animal Production Science**, v. 54, p.

1810–1816, 2014.

MIGUEL, M. F. **Suplementação com silagem de milho para vacas leiteiras em pastejo: consumo do pasto, produção e composição química do leite.** 2016. 170 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós graduação em Ciência Animal, Lages, 2016.

MITANI, T. et al. Effects of supplementary corn silage on the feed intake and milk production of time-restricted grazing dairy cows. **Animal Science Journal**, v. 76, n. 4, p. 331–337, 2005.

MOATE, P. J. ROGERS, G. ROBINSON, I. B. Effect of level of silage supplement and pasture allowance on pasture intake milk yield and milk composition of grazing cows. **Animal Production in Australia**, v. 15, p. 722, out. 1984.

ORR, R. J. et al. Changes in ingestive behaviour of yearling dairy heifers due to changes in sward state during grazing down of rotationally stocked ryegrass or white clover pastures. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 87, n. 3–4, p. 205–222, 2004.

PÉREZ-PRIETO, L. A.; PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. Substitution rate and milk yield response to corn silage supplementation of late-lactation dairy cows grazing low-mass pastures at 2 daily allowances in autumn. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 7, p. 3592–3604, 2011.

PEYRAUD, J. L.; DELABY, L. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows - Responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality In: Recent advances in animal nutrition - UNIVERSITY OF NOTTINGHAM FEED CONFERENCE. **Proceedings... Nottingham**, v. 35, p. 203–220, 2001.

PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing. **Animal**, v. 7: s1, p. 57–67, 2013.

PHILLIPS, C. J. P. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. **Grass and Forage Science**, v. 43, p. 215–230, 1988.

PIMENTEL, J. J. DE O. et al. Teores de proteína bruta no concentrado e níveis de suplementação para vacas leiteiras em pastagens de capim-braquiária cv. Marandu no período da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 418–425, 2011.

POWELL, J. M.; ROTZ, C. A.; WATTIAUX, M. A. Potential use of milk urea nitrogen to

abate atmospheric nitrogen emissions from wisconsin dairy farms. **Journal of environmental quality**, v. 43, p. 1169–75, 2014.

RIBEIRO FILHO, H. M. N. et al. Suplementação energética para vacas leiteiras pastejando azevém com alta oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 2152–2158, 2007.

RIBEIRO FILHO, H. M. N. et al. Consumo de forragem e produção de leite de vacas em pastagem de azevém-anual com duas ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 10, p. 2038–2044, 2009.

SBRISSIA, A. F. et al. Produção animal em pastagens cultivadas em regiões de clima temperado da América Latina. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 25, n. 1, p. 47–60, 2017.

SCHÖBITZ, J. et al. Effect of increasing pasture allowance and concentrate supplementation on animal performance and microbial protein synthesis in dairy cows. **Archivos de medicina veterinária**, v. 45, p. 247–258, 2013.

SHEAHAN, A. J.; GIBBS, S. J.; ROCHE, J. R. Timing of supplementation alters grazing behavior and milk production response in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 96, p. 477–483, 2013.

SILVA, H. A. DA et al. Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e com suplementos na região dos Campos Gerais - Paraná. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 445–450, 2008.

STOCKDALE, C. R.; TRIGG, T. E. Effect of Pasture Feeding Levels on the Responses of Lactating Dairy Cows to High Energy Supplements. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 29, p. 605–611, 1989.

STOCKDALE, C. R. Substitution and production responses when lactating dairy cows graze a white clover pasture supplemented with maize silage. **Aust. J. Exp. Agric.**, v. 36, p. 771–776, 1996.

STOCKDALE, C. R. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 40, p. 913–921, 2000.

TEIXEIRA, J. C. **Alimentação de bovinos leiteiros**. 1. ed. Lavras: UFLA - FAEPE, 1997.

WALES, W. J. et al. Effects of variations in herbage mass, allowance, and level of supplement on nutrient intake and milk production of dairy cows in spring and summer. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 39, p. 119–130, 1999.

WOODWARD, S. L. et al. Supplementing fresh pasture with maize, lotus, sulla and pasture silages for dairy cows in summer. **Jornal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 1263–1270, 2006.

3 HIPÓTESES

A suplementação com silagem de milho e grão de milho moído possibilita diminuir a oferta de forragem e obter a mesma proporção de forragem removida sem reduzir a produção animal.

A taxa de substituição e a diminuição da área de pastejo serão maiores nos animais recebendo suplementação com silagem em comparação ao grão de milho, independente de ambos receberem a mesma quantidade de energia advinda do alimento complementar.

A suplementação energética reduzirá os níveis de nitrogênio ureico no leite.

4 OBJETIVOS

Quantificar as variações no consumo de forragem, produção e composição do leite, com o uso de suplementação com volumoso ou concentrado, mantendo a mesma proporção de massa de forragem removida.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em Lages, SC, Brasil (50.18°W, 27.47°S; 920 m de altitude) e foi conduzido de 8 de agosto à 24 de outubro de 2016. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade do Estado de Santa Catarina, (Protocolo nº 4373090816). Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), durante o experimento, as temperaturas médias máximas e mínimas foram de 20,8 e 8,6°C, respectivamente. A precipitação do período foi de 160,8 mm. As médias climáticas de 10 anos de temperatura máxima, mínima e a precipitação do período, foram de 20,5°C, 9,9°C e 182,6 mm, respectivamente.

5.1 TRATAMENTOS, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANIMAIS

Os tratamentos avaliados foram: 100% pasto (aveia + azevém) (P); pasto com suplementação de 3,6 kg de MS de grão de milho moído (GM) e pasto com suplementação de 4,2 kg de MS de silagem de milho (SM). Os tratamentos foram comparados de acordo com um delineamento duplo Quadrado Latino 3×3 , com três períodos experimentais de dezessete dias, sendo doze de adaptação e cinco de avaliações. Foram utilizadas doze vacas em lactação cruzada Holandês \times Jersey, separadas em 6 grupos uniformes (unidade experimental) de acordo com a produção de leite ($23,3 \text{ kg} \pm 6,9$), estágio de lactação ($101,1 \text{ dias} \pm 57,6$) e peso vivo ($491,5 \text{ kg} \pm 76,8$), obtidos no início do experimento. A quantidade de silagem foi calculada para oferecer o equivalente em energia ao fornecido pela suplementação com grão de milho moído. Os teores de energia líquida nos alimentos foram calculados segundo equações do INRA (2007). A composição química e valor energéticos dos suplementos são apresentados na Tabela 1.

A suplementação foi oferecida individualmente duas vezes ao dia, após a ordenha da manhã e da tarde, por 60 minutos cada vez (2 horas dia^{-1}). Após o período de 60 minutos na ordenha da manhã, as sobras foram recolhidas e guardadas individualmente para serem fornecidas novamente com o restante da suplementação após a ordenha da tarde. As sobras após a ordenha da tarde foram removidas, secas em estufa com ventilação forçada a 60°C e pesadas. Durante o período de oferta do suplemento, as vacas não suplementadas foram encaminhadas para o pasto. Água foi oferecida à vontade nos piquetes e sal mineral foi disponibilizado na sala de espera para ordenha.

Tabela 1. Composição química e valor nutritivo da silagem de milho e grão de milho moído oferecido para vacas leiteiras em pastagem de Azevém anual (*Lolium multiflorum* cv. Barjumbo) + Aveia branca (*Avena sativa* cv. FUNDACEP - FAPA 43).

Item	Silagem de milho	Grão de milho moído
MS (g kg ⁻¹)	281	911
<i>Composição química (g kg⁻¹ MS)</i>		
MO	963	984
PB	61	85
FDN	404	159
FDA	240	31
<i>Valor nutritivo</i>		
EL _L ¹ , Mcal kg ⁻¹ MS	1,53	1,82
PDIN, g kg ⁻¹ MS	37	67
PDIE, g kg ⁻¹ MS	65	87

¹ EL_L: energia líquida para lactação, estimada de acordo com o INRA (2007). PDIN: proteína verdadeira digestível no intestino quando nitrogênio é limitante para síntese microbiana no rúmen; PDIE: proteína verdadeira digestível no intestino quando energia é limitante para síntese microbiana no rúmen (INRA, 2007).

Fonte: Próprio autor.

5.2 ÁREA E MANEJO DO PASTO

Foi utilizada uma área total de 6,5 ha de azevém anual (*Lolium multiflorum* cv. Barjumbo) e aveia branca (*Avena sativa* cv. FUNDACEP - FAPA 43), semeados em maio de 2016. Trinta dias antes do início do experimento e imediatamente após cada período experimental, a área experimental foi adubada com 50 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia. Após cada período, toda a área foi cortada para padronizar o rebrote da pastagem entre os tratamentos.

O método de pastejo foi em faixas diárias, com oferta de 35 kg MS vaca⁻¹ no tratamento sem suplementação. Nos tratamentos em que os animais foram suplementados, a oferta de pasto foi ajustada diariamente de forma a obter a mesma altura de forragem pós-pastejo que no tratamento sem suplementação. Nos intervalos entre períodos, todos os animais permaneceram em um único lote e recebiam 4 kg de grão de milho moído dia⁻¹.

5.3 MEDIDAS NOS ANIMAIS

A produção de leite foi registrada individualmente nas duas ordenhas diárias (7:00 h e 15:30 h). Amostras para determinar a composição do leite (conteúdo de gordura, proteína e nitrogênio ureico) foram coletadas nas duas ordenhas durante os últimos cinco dias de cada período e analisadas por espectrofotometria infravermelho (Dairy Spect FT, Bentley, USA). A

coleta de sangue foi realizada nos dias 13 e 17 de cada período experimental, após a ordenha da manhã, por venopunção da veia jugular. Para isso, foram utilizados tubos “vacuntainer” esterilizados sem anticoagulante.

O consumo de forragem foi medido pela diferença entre a biomassa aérea antes e após o pastejo (LANTINGA; NEUTEBOOM; MEIJS, 2004) em cada um dos últimos cinco dias de cada período experimental. O consumo de silagem e grão de milho foi quantificado diariamente pela diferença entre a quantidade ofertada e as sobras em cada um dos últimos cinco dias de cada período.

O balanço energético foi calculado como uma relação entre energia líquida de lactação (EL_L) oferecida e a EL_L exigida. Este cálculo foi realizado pelo fato de o período experimental ser muito curto para se medir mudanças no escore da condição corporal ou de peso vivo. A EL_L necessária para lactação e manutenção foi calculada a partir da produção de leite corrigida para 4% de gordura e peso vivo, usando equações do INRA (2007). A EL_L oferecida foi calculada pelo produto do consumo de MS de forragem, silagem de milho e grão de milho moído e da concentração de EL_L de cada alimento. Os valores de proteína verdadeira digestível no intestino, considerando a síntese microbiana no rúmen limitada pela energia (PDIE) e proteína verdadeira digestível no intestino considerando a síntese microbiana no rúmen limitada pelo nitrogênio (PDIN) foram estimadas conforme proposto pelo INRA (2007).

O tempo diário de pastejo e ruminação foram analisados individualmente para cada vaca através de observações visuais, realizadas a cada 5 minutos desde o nascer do dia até que a última vaca deitasse à noite (PENNING; RUTTER, 2004). Nenhum comportamento foi registrado quando as vacas foram ordenhadas ou alimentadas com suplemento. A taxa de ingestão de MS de pasto (g MS minutos^{-1}) foi calculada dividindo a ingestão diária de pasto pelo tempo de pastejo.

5.4 MEDIDAS NO PASTO E SUPLEMENTOS

Amostras da silagem e do grão de milho oferecidos foram coletadas duas vezes por dia, do 12º ao 17º dia em cada período. Essas amostras foram compostas para criar uma amostra por alimento por período. As amostras das sobras para cada grupo foram coletadas durante os últimos cinco dias de cada período, e misturadas para formar uma amostra composta por grupo e período.

A massa de forragem pré e pós-pastejo acima do nível do solo foi estimada pela relação entre a altura comprimida medida com prato ascendente (Farmworks®, F200 model, New Zealand) e a quantidade de MS presente no diâmetro do prato (0,1 m²) (t' MANNETJE, 2000). Durante cada período experimental, foram feitas calibrações na qual foram medidos 10 pontos pré e pós-pastejo, abrangendo desde as áreas mais baixas até as mais altas da pastagem. Em cada ponto a biomassa aérea foi cortada com tesoura no nível do solo e determinada a MS. Equações de regressão foram construídas para estimar a massa de forragem (MF; kg MS ha⁻¹) presente na área em função da altura medida com o prato (cm).

A altura do pasto antes do pastejo, foi avaliada a partir de 200 medidas por tratamento com o uso de bastão graduado (sward stick) nos dias 14 e 16 e a altura após o pastejo foi avaliada a partir de 200 medidas por tratamento nos dias 16 e 18. As alturas de perfilho e bainha estendidos antes do pastejo foram medidas em 200 perfilhos selecionados aleatoriamente nos dias 14 e 16. As alturas de perfilho e bainha estendidos após o pastejo foram medidas nos dias 16 e 18 em 200 perfilhos aleatórios por tratamento.

A composição química e morfológica do pasto foi determinada em amostras coletadas nos dias 14 e 16 de cada período. Para isso, 40 punhados de forragem (~1,6 kg) foram selecionados aleatoriamente por tratamento e período e cortados com tesoura ao nível do solo. Uma subamostra foi utilizada para determinação da composição morfológica em base de MS, através da separação manual das frações folha, colmo e material morto. A outra subamostra foi usada para determinar a composição química da pastagem selecionada, a qual foi considerada com base na fração superior à altura média de perfilhos pós-pastejo.

As amostras do suplemento e do pasto, foram secas em uma estufa com ventilação forçada durante 72 horas a 60°C, moídas em moinho de facas (Solab SL-31, Piracicaba, Brasil) para passar em peneira com porosidade de 1,0 mm e armazenadas para posteriores análises.

5.5 ANÁLISES LABORATORIAIS

O conteúdo de MS foi determinado pela secagem das amostras a 105°C por 24 h. As cinzas foram quantificadas por combustão em um forno mufla a 550°C por 4 h, e a MO quantificada por diferença de massa. O N total foi analisado usando o método de Kjeldahl (Método 984.13) (AOAC, 1997). A concentração de fibra em detergente neutro (FDN) foi analisada de acordo com Mertens et al., (2002), exceto que as amostras foram pesadas em sacos filtros e tratadas com detergente neutro no equipamento ANKOM (Tecnologia ANKOM,

Macedon NY, USA). Nesta análise, foi incluída alfa amilase, e não foi incluído sulfito de sódio. A concentração de fibra em detergente ácido (FDA) foi analisada de acordo com o método nº 973.18 do AOAC (1997). As amostras de sangue foram centrifugadas a 2000 g por 10 minutos para obtenção do plasma, e este armazenado a -20°C para posterior análise. A dosagem de ureia no plasma sanguíneo foi determinada por intermédio do método enzimático colorimétrico (“Kit” Labtest Diagnóstico SA, Lagoa Santa, MG), multiplicando-se o valor obtido por 0,45 para obter o nitrogênio ureico no plasma sanguíneo.

5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o PROC MIXED do programa SAS (versão 9.3, Instituto SAS, Cary, NC). As variáveis ligadas aos animais foram analisadas pela média do lote e período (n=18), utilizando o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{lote}_i + \text{período}_j + \text{tratamento}_k + e_{ijk},$$

onde: Y_{ijk} , μ , lote_i , período_j , tratamento_k e e_{ijk} , representam, respectivamente, as variáveis analisadas, a média geral, o efeito aleatório do lote, o efeito aleatório do período, o efeito fixo do tratamento e o erro residual.

As variáveis do pasto foram analisadas pela média por piquete e período (n=18) e analisadas de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{período}_j + \text{tratamento}_k + e_{ijk},$$

Valores de $P < 0,05$ foram considerados diferentes significativamente e valores entre 0,05 e 0,10 foram considerados como tendência.

6 RESULTADOS

A massa de forragem e a altura do dossel em pré-pastejo foram similares entre tratamentos, mas a área oferecida foi inferior (-17%; $P < 0,01$) para as vacas suplementadas quando comparadas as vacas não suplementadas (Tabela 2). As ofertas de MS total e de MS verde foram inferiores nas vacas suplementadas com silagem de milho, com valores intermediários para aquelas recebendo suplementação com grão de milho e superiores para as vacas não suplementadas. A oferta de MS de lâminas verdes foi superior (+4,6 kg dia⁻¹; $P < 0,001$) para vacas sem suplementação em comparação às suplementadas, as quais receberam oferta média de 18,5 kg MS dia⁻¹.

Tabela 2. Características pré-pastejo de pastos mistos de Azevém anual (*Lolium multiflorum* cv. Barjumbo) + Aveia branca (*Avena sativa* cv. FUNDACEP - FAPA 43), pastejados por vacas leiteiras recebendo somente pasto (P) ou suplementadas com silagem de milho (SM) ou grão de milho moído (GM).

Item	Tratamentos ¹			EPM	Valor de P
	P	SM	GM		
Pré-pastejo					
Massa de forragem, kg MS ha ⁻¹	2595	2440	2566	106,4	0,564
<i>Altura do dossel pré-pastejo</i>					
Altura (prato ascendente)	27,6	26,1	28,2	1,28	0,504
Perfilho estendido, cm	38,9	37,0	38,7	1,39	0,587
Bainha, cm	15,8	15,4	16,3	0,71	0,675
Lâmina foliar, cm	23,1	21,5	22,4	0,81	0,444
Altura (bastão graduado), cm	27,5	25,8	27,4	0,84	0,322
Área oferecida, m ² vaca ⁻¹ por d	172 ^a	137 ^b	149 ^b	9,45	0,007
Oferta de pasto, kg MS d ⁻¹					
Acima do nível do solo	41,3 ^a	30,8 ^c	34,6 ^b	0,86	<0,001
Material verde	39,8 ^a	30,1 ^c	32,5 ^b	0,79	<0,001
Lâmina foliar	23,1 ^a	18,3 ^b	18,7 ^b	0,60	<0,001

¹ Tratamentos: P: somente pasto; SM: pasto + suplementação com silagem de milho e GM: pasto + suplementação com grão de milho moído.

Fonte: Próprio autor.

A massa de forragem pós-pastejo foi superior (+240 kg MS ha⁻¹; $P < 0,05$) nos piquetes das vacas não suplementadas em comparação aos piquetes das vacas suplementadas com silagem de milho, mas a altura pós pastejo foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 3). Os teores de PB, FDN e FDA dos pastos não diferiram entre os tratamentos, apresentando médias de 212, 447 e 236 g kg⁻¹ MS, respectivamente. A digestibilidade média da MO foi 0,79, com

teores de $EL_L = 1,67 \text{ Mcal kg}^{-1} \text{ MS}$ e $107 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ de proteína verdadeira digestível no intestino.

Tabela 3. Características pós-pastejo e valor nutritivo do pasto quando pastejado por vacas leiteiras recebendo somente pasto (P), suplementadas com silagem de milho (SM) ou grão de milho moído (GM).

Item	Tratamentos ¹			EPM	Valor de P
	P	SM	GM		
Massa de forragem, kg MS ha^{-1}	1811 ^a	1572 ^b	1702 ^{ab}	58,3	0,041
<i>Altura de dossel pós-pastejo</i>					
Altura (prato ascendente)	18,6	16,4	17,9	0,75	0,147
Perfilho estendido, cm	17,3 ^a	14,7 ^b	17,7 ^a	1,16	0,041
Bainha, cm	12,3	10,6	11,9	0,71	0,221
Lâmina foliar, cm	7,23	6,47	7,48	0,330	0,118
Altura (bastão graduado), cm	14,0	12,5	13,6	0,53	0,171
<i>Pasto selecionado</i>					
<i>Composição química, $\text{g kg}^{-1} \text{ DM}$</i>					
MS g kg^{-1}	170	166	170	4,03	0,509
MO	928	925	928	4,47	0,762
PB	219	204	213	6,25	0,277
FDN	452	450	439	9,27	0,601
FDA	236	240	231	4,50	0,350
<i>Valor nutritivo</i>					
Digestibilidade da MO ²	0,79	0,78	0,79	0,005	0,321
EL_L , $\text{Mcal kg}^{-1} \text{ MS}$	1,67	1,65	1,69	0,019	0,369
PDIN, ³ $\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$	141	133	139	3,59	0,305
PDIE, ⁴ $\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$	107	105	108	1,13	0,217

¹ Tratamentos: P: somente pasto; SM: pasto + suplementação com silagem de milho e GM: pasto + suplementação com grão de milho moído. ² Digestibilidade da MO: estimada como uma função do conteúdo de PB e FDA do pasto selecionado (INRA, 2007). ³ PDIN: proteína bruta digestível no intestino quando nitrogênio é limitante para síntese microbiana no rúmen (INRA, 2007). ⁴ PDIE: proteína bruta digestível no intestino quando energia é limitante para síntese microbiana no rúmen (INRA, 2007).

Fonte: Próprio autor.

O consumo de MS de pasto reduziu ($-1,6 \text{ kg d}^{-1}$; $P < 0,05$) nas vacas recebendo suplementação com silagem de milho em comparação às não suplementadas, com valores intermediários nas vacas suplementadas com grão de milho (Tabela 4). O consumo de MS total de EL_L foi superior ($P < 0,01$) nas vacas suplementadas com grão de milho em comparação aos demais tratamentos. A taxa de substituição foi de 0,51 para vacas suplementadas com silagem de milho e de 0,19 para suplementadas com grão de milho moído. O consumo de FDN foi superior ($P = 0,01$) e o tempo de pastejo foi inferior nas vacas suplementadas com silagem de milho em comparação aos demais tratamentos. A proporção do tempo gasto pastando e a taxa de IMS de pasto foram similares entre os tratamentos.

A produção de leite ($+1,4 \text{ kg d}^{-1}$), a concentração de proteína ($+0,09 \%$) e a produção de proteína ($+62,0 \text{ g d}^{-1}$) foram superiores ($P < 0,05$) nas vacas suplementadas com grão de milho

quando comparadas às suplementadas com silagem de milho ou sem suplementação, mas a concentração de gordura no leite e a produção de gordura não diferiram entre os tratamentos (Tabela 5). As concentrações de NUL e NUP reduziram nos animais recebendo suplementação energética em comparação aos não suplementados.

Tabela 4. Consumo de matéria seca, balanço energético, e comportamento em pastejo de vacas leiteiras que receberam somente pasto, pasto mais suplementação com silagem de milho ou grão de milho moído.

Item	Tratamentos ¹			EPM	Valor de P
	P	SM	GM		
Consumo de MS, kg d ⁻¹					
Pasto	11,9 ^a	10,3 ^b	11,2 ^{ab}	0,28	0,012
Silagem de milho	-	3,09	-	-	-
Grão de milho moído	-	-	3,61	-	-
Total	11,9 ^c	13,4 ^b	14,8 ^a	0,30	<0,001
Taxa de substituição		0,51	0,19		
Consumo de FDN, kg d ⁻¹	5,41 ^b	5,91 ^a	5,58 ^b	0,086	0,010
Consumo de MO, kg d ⁻¹	10,9 ^b	11,3 ^b	13,9 ^a	0,31	<0,001
Oferta de EL _L ² , MJ d ⁻¹	82,8 ^b	83,2 ^b	106,1 ^a	2,80	<0,001
Balanço de EL _L , MJ d ⁻¹	-24,5 ^b	-24,1 ^b	-5,04 ^a	2,433	<0,001
Energia ingerida/ exigência de energia	0,79 ^b	0,78 ^b	0,96 ^a	0,025	0,001
Tempo de pastejo, min d ⁻¹	408 ^a	357 ^b	392 ^a	5,4	<0,001
Proporção do tempo gasto pastando	0,67	0,64	0,66	0,011	0,151
Taxa de IMS de pasto, g min ⁻¹	29,7	29,0	28,7	0,54	0,459

¹ Tratamentos: P: somente pasto; SM: pasto + suplementação com silagem de milho e GM: pasto + suplementação com grão de milho moído. ² Energia líquida de lactação estimada segundo o INRA (2007).

Fonte: Próprio autor.

Tabela 5. Produção e composição do leite, e nitrogênio ureico no plasma sanguíneo em vacas leiteiras que receberam somente pasto, pasto mais suplementação com silagem de milho ou suplementação com grão de milho moído.

Item	Tratamentos ¹			EPM	Valor de P
	P	SM	GM		
Produção de leite, kg d ⁻¹	21,7 ^b	21,8 ^b	23,1 ^a	0,35	0,048
Produção de leite corrigida 4%, kg d ⁻¹	22,7	22,8	23,8	0,31	0,054
Concentração de gordura no leite, %	4,34	4,35	4,25	0,041	0,230
Concentração de proteína no leite, %	3,14 ^b	3,10 ^b	3,21 ^a	0,017	0,006
Produção de gordura no leite, g d ⁻¹	931	935	974	12,4	0,079
Produção de proteína no leite, g d ⁻¹	673 ^b	670 ^b	733 ^a	11,2	0,006
N ureico no leite, mg dL ⁻¹	18,1 ^a	15,2 ^b	15,4 ^b	0,45	0,003
N ureico no plasma, mg dL ⁻¹	15,4 ^a	12,2 ^b	11,2 ^b	0,62	0,004

¹ Tratamentos: P: somente pasto; SM: pasto + suplementação com silagem de milho e GM: pasto + suplementação com grão de milho moído.

Fonte: Próprio autor.

7 DISCUSSÃO

7.1 MANEJO DO PASTO E TAXA DE SUBSTITUIÇÃO

O protocolo experimental utilizado teve como meta principal que os animais removessem a mesma proporção de forragem em relação à altura inicial, independente de tratamento experimental. Esta meta foi alcançada, uma vez que tanto as alturas pré e pós-pastejo medidas com prato ascendente ou bastão graduado foram similares entre tratamentos, com proporções médias de forragem removida entre 40 e 50% da altura inicial. Valores de proporção de forragem removida de até 50% da altura pré-pastejo, são considerados como limite para que a ingestão de forragem não seja afetada (DELAGARDE et al., 2001). Maiores severidades de pastejo que a observada, podem afetar o consumo, devido a maior participação de colmos no estrato inferior.

A forragem oferecida continha em média 60% de lâmina foliar em relação ao perfilho estendido e uma porcentagem de folhas na biomassa aérea total do dossel de 57%, demonstrando que todos tratamentos tiveram oferta de pasto com elevada proporção de folhas. Recentemente, Guzatti et al., (2017), observaram que em severidades de desfolha semelhantes às preconizadas no presente estudo, reduções na taxa de consumo ocorrem somente quando o comprimento da lâmina foliar for inferior a 52% da altura do perfilho estendido e a porcentagem de folhas na biomassa aérea do dossel for inferior a 37%.

Dessa forma, pode-se dizer que o manejo adotado foi suficiente para quantificar em quanto é possível reduzir a oferta diária de forragem para vacas leiteiras suplementadas com silagem de milho ou grão de milho moído, evitando o desperdício de forragem e sem impor restrições ao consumo de pasto. Vacas no tratamento SM e GM tiveram uma redução de 3,5 e 1,9 kg MS de pasto kg^{-1} de MS de suplemento consumido, respectivamente. Estes resultados foram consequências diretas da maior taxa de substituição observada nos animais suplementados com silagem (0,51) em comparação aos animais suplementados com grão de milho moído (0,19).

Os valores de taxa de substituição do presente estudo estão dentro dos limites previstos por Delagarde et al., (2011), segundo seu modelo, a média para volumosos e concentrado é de 0,8 e 0,3, respectivamente, sendo que ela aumenta à medida que aumenta a oferta de forragem. Para suplementação com volumoso, a taxa de substituição varia de 0,4 a 1,1 e para suplementação com concentrado, varia de 0,0 a 0,6 em baixa e alta oferta de forragem,

respectivamente (DELAGARDE et al., 2011). Demais trabalhos também encontraram valores de taxa de substituição que estão dentro da faixa de variação entre 0,0 e 0,6 para suplementação com concentrado (BARGO et al., 2002; MCEVOY et al., 2008). Para suplementação com volumosos foram observadas taxa de substituição que variaram de 0,14 a 1,35 para baixa e alta oferta de forragem, respectivamente (MIGUEL, 2016; MOATE; ROGERS; ROBINSON, 1984; STOCKDALE, 1996).

7.2 EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO SOBRE O CONSUMO DE MATÉRIA SECA E O COMPORTAMENTO EM PASTEJO

Animais suplementados com grão de milho moído tiveram maior consumo de EL_L que animais sem suplementação e suplementados com silagem de milho, isso ocorreu devido ao maior consumo de MS total e ao valor energético do suplemento. Animais no tratamento GM tiveram 96% de suas exigências energéticas atendidas pela dieta oferecida. Bargo et al., (2002) e Miguel et al., (2014) também observaram maior consumo de EL_L em animais que foram suplementados com concentrado a base de milho e silagem de milho, respectivamente.

O maior consumo de MS total nos animais suplementados com grão de milho em comparação aos demais tratamentos também foi consequência da taxa de substituição relativamente baixa nesse tratamento em comparação aos animais suplementados com silagem de milho. A maior taxa de substituição com forragem conservada, está ligada principalmente a maior capacidade deste suplemento em preencher o rúmen, devido ao seu maior teor de FDN quando comparado ao suplemento concentrado (ALLEN, 2000). As taxas de substituição são relacionadas ao consumo e digestibilidade da forragem, aumentando à medida que aumenta a oferta e a digestibilidade (DIXON; STOCKDALE, 1999). Baixas taxas de substituição também foram observadas em estudos anteriores, quando vacas receberam baixa oferta de forragem (20 kg MS vaca⁻¹ dia⁻¹), a taxa de substituição média foi de 0,23 kg de forragem kg⁻¹ de concentrado consumido (BARGO et al., 2002; ROBAINA et al., 1998).

A suplementação com silagem de milho reduziu o tempo de pastejo em 51 minutos quando comparado com vacas não suplementadas (357 vs. 408 minutos dia⁻¹), o que também está diretamente ligado a taxa de substituição. Quando expresso em kg de silagem de milho, o tempo de pastejo foi reduzido em 16,5 minutos por kg de silagem consumida. Em um experimento com vacas leiteiras suplementadas com 8 kg de MS de silagem de milho, Pérez-Prieto; Peyraud e Delagarde (2011) registraram uma diminuição de 83 e 116 minutos dia⁻¹ em baixa e alta oferta de pasto, correspondendo a 11,4 e 15,1 minutos por kg de suplemento

consumido. Da mesma forma, Miguel et al., (2014), suplementando com 4 e 8 kg de MS de silagem de milho, encontrou uma redução de 97 e 125 minutos dia^{-1} respectivamente, no tempo de pastejo, resultando em uma diminuição de 32,9 e 29,1 minutos por kg de suplemento consumido. A redução no tempo de pastejo em SM, é consistente com a redução no consumo de MS de pasto anteriormente descrita. O decréscimo observado no tempo de pastejo indica menor motivação para pastar quando as vacas foram suplementadas com silagem de milho.

7.3 EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LEITE

A maior produção de leite nos animais suplementados com grão de milho está ligada ao maior consumo de MS e conseqüentemente maior consumo de energia, os quais foram consequência da taxa de substituição relativamente baixa nesse tratamento em comparação à suplementação com silagem de milho. Melhores eficiências de suplementação estão negativamente relacionados com a taxa de substituição, o que normalmente ocorre em baixa oferta de pasto (BARGO et al., 2002; STOCKDALE, 1996). No presente trabalho, a suplementação com concentrado resultou em uma eficiência de 0,39 kg de leite kg^{-1} de suplemento consumido. Segundo Delagarde et al., (2011), a eficiência de suplementação com alimentos concentrados varia de 0,5 a 2,2 kg de leite kg^{-1} de concentrado. Para silagem de milho esta eficiência pode variar de -0,4 a 0,8 kg de leite kg^{-1} de silagem de milho. Valores com amplitudes de variação maiores (1,15 a -0,90) foram encontrados para vacas suplementadas com silagem de milho em duas ofertas de forragem (20 vs. 40 kg de MS $\text{vaca}^{-1} \text{d}^{-1}$) (MIGUEL, 2016). Vacas no tratamento SM tiveram maior consumo de MS total em comparação às vacas no tratamento P. No entanto, devido ao efeito substitutivo, o valor energético da dieta total não diferiu, pois o valor nutritivo da silagem foi menor que o da forragem consumida, diminuindo o consumo final de energia e resultando em produção de leite similar a dos animais não suplementados.

A maior concentração e a produção de proteína no leite das vacas suplementadas com grão de milho pode ser, ao menos parcialmente, explicada pelo maior consumo de energia e melhor balanço energético dos animais submetidos a esse tratamento. Vacas no tratamento GM tiveram 96% de suas exigências energéticas atendidas pela dieta consumida. Estes resultados são consistentes com o estudo de Bargo et al., (2002), em que a suplementação com concentrado energético aumentou o consumo de MS total e energia, aumentando conseqüentemente a concentração e produção de proteína no leite. No mesmo sentido, a inexistência de diferença na concentração de gordura no leite com a suplementação de milho moído ou silagem de milho,

vem ao encontro do observado nos estudos de Schöbitz et al., (2013), para suplementação com concentrado e Pérez-Prieto; Peyraud; Delagarde, (2011). para suplementação com silagem de milho. No presente estudo, este resultado se explica pelo fato de o consumo de FDN ter variado de 37,7 a 45,5% da MS total, sendo que o valor mínimo está dentro da faixa de variação proposta por Stockdale, (1999) (entre 25 e 40% da MS total da dieta), como adequada para vacas leiteiras não reduzirem a concentração de gordura do leite.

A diminuição dos teores de NUL e no NUP nas vacas suplementadas, sugerem que houve melhor eficiência na utilização do N da dieta. Sabe-se que existe alta correlação entre essas duas variáveis (NUP e NUL), as quais aumentam linearmente à medida que aumenta o teor de proteína bruta da dieta (COLMENERO; BRODERICK, 2006). Demais estudos também encontraram menores valores de NUL e/ou NUP quando suplementaram vacas leiteiras a pasto com concentrado a base de milho (BARGO et al., 2002; BARGO; DELAHOY; MULLER, 2004), milho floculado a vapor, milho moído (DELAHOY et al., 2003) e polpa cítrica (BURKE et al., 2008). Quando investigou-se a suplementação de vacas pastejando *Lolium multiflorum* com diferentes fontes de amido, vacas suplementadas com milho grão e polpa cítrica e melaço tiveram valores de NUL menores que vacas suplementadas com cevada e melaço. Porém, não houve diferença nos teores de NUS, o que pode ter ocorrido devido ao baixo teor de PB da forragem oferecida (GEHMAN et al., 2006).

7.4 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

A redução observada na oferta de forragem nos animais suplementados, sem afetar a altura residual, seria o equivalente a uma redução da área para pastejo de 20% para os animais suplementados com silagem de milho e 13% para a suplementação com grão de milho moído. Em um experimento com a mesma estratégia de manejo da pastagem, Miguel (2016) usou duas ofertas de forragem (15 e 30 kg de MS, > 3 cm do solo) e suplementou vacas leiteiras com silagem de milho. O autor verificou um decréscimo na área vacas⁻¹ dia⁻¹ de aproximadamente 19% e a oferta de forragem decresceu 3,5 e 4,9 kg de MS dia⁻¹ em baixa e alta oferta para suplementação com 4,7 e 4,1 kg de MS de silagem, respectivamente. Nas condições do nosso experimento, a lotação real da área para os tratamentos P, SM e GM seria de 2,0, 2,5 e 2,3 vacas ha⁻¹, respectivamente. Portanto, com o uso da suplementação nas condições do presente estudo, seria possível aumentar a proporção de animal na área em 25 e 15 % no caso da suplementação com alimento volumoso ou concentrado, respectivamente.

Levando em conta a taxa de lotação, a produção individual por tratamento e um período de lactação de 300 dias, a produção de leite por área, com o uso da suplementação no presente estudo, aumentaria em 25,6 e 22,4% para vacas suplementadas com silagem de milho e milho moído, respectivamente, em comparação às vacas sem suplementação. Estes resultados vão ao encontro do observado em estudos de longo prazo, (HODEN et al., 1991; BAUDRACCO et al., 2011) onde o uso de suplementação possibilitou aumentos na produção de leite ha^{-1} de 21,4 a 51,4%, dependendo do nível de suplementação.

8 CONCLUSÃO

A suplementação com silagem ou grão de milho, para vacas leiteiras em pasto anual de inverno, permite reduções de 3,5 e 1,9 kg na oferta de forragem por kg de MS de silagem de milho ou grão de milho, mantendo-se a mesma proporção de forragem removida em relação à altura inicial. Nesta condição de manejo, o grão de milho é uma ferramenta para reduzir a demanda por área de pasto e aumentar a produção por animal, enquanto a silagem milho possibilita reduções na demanda por área de pasto sem afetar negativamente a produção por animal. Além disso, ambos os tipos de suplemento melhoram o uso do nitrogênio da pastagem de inverno.

9 REFERÊNCIAS

ALLEN, M. S. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1598–1624, 2000.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16 ed. Washington: W. Horwitz, 850 p, 1997.

BARGO, F. et al. Milk Response to Concentrate Supplementation of High Producing Dairy Cows Grazing at Two Pasture Allowances. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1777–1792, 2002.

BARGO, F.; DELAHOY, J. E.; MULLER, L. D. Milk Production of Dairy Cows Fed Total Mixed Rations After a Grazing Period. **The Professional Animal Scientist**, v. 20, n. 3, p. 270–277, 2004.

BAUDRACCO, J. et al. Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. **Animal Feed Science and Technology**, v. 168, n. 1–2, p. 131–143, 2011.

BURKE, F. et al. Effect of pasture allowance and supplementation with maize silage and concentrates differing in crude protein concentration on milk production and nitrogen excretion by dairy cows. **Livestock Science**, v. 114, p. 325–335, 2008.

COLMENERO, J. J. O.; BRODERICK, G. A. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 5, p. 1704–1712, 2006.

DELAGARDE, R. et al. Caractéristiques de la prairie avant et après un pâturage; quels indicateurs de l'ingestion chez la vache laitière? **Rencontres Recherches Ruminants**, v. 8, n. 1, p. 209–212, 2001.

DELAGARDE, R. et al. GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 3. Simulations and external validation of the model. **Grass and Forage Science**, v. 66, n. 1, p. 61–77, 2011.

DELAHOY, J. E. et al. Supplemental carbohydrate sources for lactating dairy cows on pasture. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 3, p. 906–915, 2003.

DIXON, R.M.; STOCKDALE, C. R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 50, p. 757–773, 1999.

GEHMAN, A M. et al. The effect of carbohydrate source on nitrogen capture in dairy cows on pasture. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 7, p. 2659–2667, 2006.

GUZATTI, G. C. et al. Changes in the short-term intake rate of herbage by heifers grazing annual grasses throughout the growing season. **Japanese Society of Grassland Science**, p. 1–10, 2017.

HODEN, A. et al. Simplified Rotational Grazing Management of Dairy Cows: Effects of Rates of Stocking and Concentrate. **Journal of Agricultural Science**, v. 116, p. 417–428, 1991.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**.

Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 15 jan. 2017.

INRA. **Alimentation des bovins, ovins et caprins**: besoins des animaux, valeurs des aliments. França: Editions Quae, 2007.

LANTINGA, E. A.; NEUTEBOOM, J. H.; MEIJS, J. A.C. Sward methods. In: PENNING, P.D. **Herbage Intake Handbook**. 2 ed. The British Grassland Society. P.23-52. 2004.

't MANNETJE, L. Measuring Biomass of Grassland Vegetation. In: 't MANNETJE, L. JONES, R. M. **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. P. 151-177.

MCEVOY, M. et al. The Effect of Herbage Allowance and Concentrate Supplementation on Milk Production Performance and Dry Matter Intake of Spring-Calving Dairy Cows in Early Lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 1258–1269, 2008.

MERTENS, D. R. et al. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1217–1240, 2002.

MIGUEL, M. F. et al. Pasture intake and milk production of dairy cows grazing annual ryegrass with or without corn silage supplementation. **Animal Production Science**, v. 54, p.

1810–1816, 2014.

MIGUEL, Marcolino Frederico. **Suplementação com silagem de milho para vacas leiteiras em pastejo: consumo do pasto, produção e composição química do leite**. 2016. 170p. Tese (Doutorado em Ciência Animal – Área: Produção Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós graduação em Ciência Animal, Lages, 2016.

MOATE, P. J. ROGERS, G. ROBINSON, I. B. effect of level of silage supplement and pasture allowance on pasture intake milk yield and milk composition of grazing cows. **Animal Production in Australia**, v. 15, p. 722,1984.

PENNING, P. D.; RUTTER, S.M. Ingestive Behaviour. In: PENNING, P.D. **Herbage Intake Handbook**. 2ed.The British Grassland Society. P. 23-52. 2004.

PÉREZ-PRIETO, L. A.; PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. Substitution rate and milk yield response to corn silage supplementation of late-lactation dairy cows grazing low-mass pastures at 2 daily allowances in autumn. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 7, p. 3592–3604, 2011.

ROBAINA, A. C. et al. Responses to grain feeding by grazing dairy cows. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 38, n. 4, p. 541–549, 1998.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE – SAS. ‘User's Guide: Statistics’. Cary, 1999.

SCHÖBITZ, J. et al. Effect of increasing pasture allowance and concentrate supplementation on animal performance and microbial protein synthesis in dairy cows. **Archivos de medicina veterinária**, v. 45, p. 247–258, 2013.

STOCKDALE, C. R. Substitution and production responses when lactating dairy cows graze a white clover pasture supplemented with maize silage. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 36, p. 771–776, 1996.

STOCKDALE, C. R. The nutritive characteristics of herbage consumed by grazing dairy cows affect milk yield responses obtained from concentrate supplementation. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 39, p. 379–387, 1999.