

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**SINCRONIZAÇÃO RUMINAL DE ENERGIA E PROTEÍNA EM
BOVINOS DE CORTE CRIADOS EM SISTEMA PASTO-
SUPLEMENTO**

Leandro Munhoz Socreppa
Orientador: Prof. Phd. João Restle

GOIÂNIA
2020



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o(a) autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

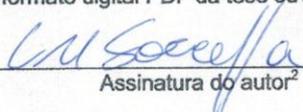
Nome completo do autor: Leandro Munhoz Socreppa

Título do trabalho: SINCRONIZAÇÃO RUMINAL DE ENERGIA E PROTEÍNA EM BOVINOS DE CORTE CRIADOS EM SISTEMA PASTO-SUPLEMENTO

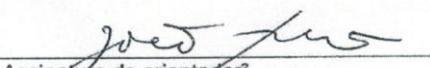
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Independente da concordância com a disponibilização eletrônica, é imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do autor²

Ciente e de acordo:


Assinatura do orientador²

Data: 27/03/2020

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² As assinaturas devem ser originais sendo assinadas no próprio documento. Imagens coladas não serão aceitas.

LEANDRO MUNHOZ SOCREPPA

**SINCRONIZAÇÃO RUMINAL DE ENERGIA E PROTEÍNA EM
BOVINOS DE CORTE CRIADOS EM SISTEMA PASTO-
SUPLEMENTO**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia junto à Escola de
Veterinária e Zootecnia da Universidade
Federal de Goiás

Área de Concentração:

Produção Animal

Linha de Pesquisa:

Alimentação, metabolismo e forragicultura na
produção e saúde animal

Orientador:

Prof. Phd. João Restle - UFG

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Eduardo Henrique Bevitori Kling de
Moraes – UFMT/Sinop

GOIÂNIA

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Socreppa, Leandro Munhoz
SINCRONIZAÇÃO RUMINAL DE ENERGIA E PROTEÍNA EM
BOVINOS DE CORTE CRIADOS EM SISTEMA PASTO
SUPLEMENTO [manuscrito] / Leandro Munhoz Socreppa. - 2020.
XII, 38 f.: il.

Orientador: Prof. João Restle; co-orientador Eduardo Henrique
Bevitori Kling de Moraes.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, Goiânia, 2020.

Bibliografia.

Inclui siglas, abreviaturas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. DDGs. 2. eficiência do nitrogênio. 3. degradabilidade proteica
ruminal. 4. consumo. 5. digestibilidade. I. Restle, João, orient. II. Título.

CDU 635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

ATA DE DEFESA DE TESE

Ata nº 39 da sessão de Defesa de Tese de **LEANDRO MUNHOZ SOCREPPA** que confere o título de **Doutor em Zootecnia** pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de concentração em Produção Animal.

Aos **28 dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte** - (28/02/2020) a partir das 14h00min, na Escola de Veterinária e Zootecnia, Departamento de Zootecnia, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada "**Sincronização ruminal de energia e proteína em bovinos de corte criados em sistema pasto-suplemento**". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador **João Restle** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Amoracyr José Costa Nuñez - PDS/UFG**, membro titular externo; **Ubirajara Oliveira Bilego – COMIGO-GO**, membro titular externo, **Tiago Pereira Guimarães – IF Goiano/Rio Verde-GO**, membro titular externo; **Marinaldo Divino Ribeiro - EVZ/UFG**, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido o candidato **Aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Orientador e Presidente da Banca Examinadora **João Restle**, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que será assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Amoracyr José Costa Nuñez, Usuário Externo**, em 28/02/2020, às 17:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ubirajara Oliveira Bilego, Usuário Externo**, em 28/02/2020, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **TIAGO PEREIRA GUIMARÃES, Usuário Externo**, em 28/02/2020, às 17:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marinaldo Divino Ribeiro, Coordenador de Pós-graduação**, em 28/02/2020, às 17:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Restle, Professor do Magistério Superior**, em 28/02/2020, às 17:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=1263764&infra_sistema=100000100...

12/03/2020

SEI/UFMG - 1173561 - Ata de Defesa de Tese



[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](#), informando o código verificador **1173561** e o código CRC **BBD3BBDA**.

Referência: Processo nº 23070.005127/2020-49

SEI nº 1173561

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFG, **PPGZ**, pela oportunidade de fazer parte da história do programa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, **CAPES**, pelo aporte financeiro.

A minha família, meus pais **Orlando Socreppa** e **Sonia Aparecida Munhoz Socreppa**; meus irmãos **Leticiane** e **Junior**; minha esposa **Laura Caroline Almeida Drosghic Socreppa** e minha filha, **Julia Almeida Socreppa** pelo total apoio a esse projeto de vida.

Aos meus orientadores, Professor **Phd. João Restle** e Professor **Dr. Eduardo H. B. Kling de Moraes** pelo apoio na viabilidade, realização, produção e conclusão deste trabalho.

Ao pessoal do Núcleo de Estudos em Pecuária Intensiva, **NEPI**, de Sinop que participaram na execução deste projeto de pesquisa.

Ao Professor **Dr. Claudio Vieira de Araujo**, pela grande ajuda com a parte estatística.

Aos secretários do PPGZ, **Helio Alves Carvalho** e **Gerson Luiz** que mantêm o funcionamento e organização do programa.

Aos coordenadores do PPGZ, **Dra. Eliane Sayuri Miyagi** e **Dr. Marinaldo Divino Ribeiro** por sempre estarem disponíveis a escutar e ajudar de forma técnica e dando incentivo moral.

Aos que participaram das bancas de qualificação e defesa, **Dr. Amoracyr José Costa Nuñez**, **Dr. Wilton Ladeira da Silva**, **Dr. Ubirajara Oliveira Bilego**, **Dr. Tiago Pereira Guimarães**, **Dr. Marinaldo Divino Ribeiro** e **meus orientadores**, que dispuseram tempo para ler, corrigir e participar da banca, ajudando nesta parte final do trabalho.

A todos, muito obrigado.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Proteínas	20
2.2 Proteínas para ruminantes.....	21
2.3 Metabolismo de proteína no rúmen	22
2.4 Fatores que afetam a degradação de proteína no rúmen.....	24
2.5 Cinética da degradação de proteína no rúmen.....	24
2.6 Síntese hepática e reciclagem da ureia	26
2.7 Síntese de proteína microbiana.....	27
REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO 2 – SINCRONIZAÇÃO RUMINAL DE ENERGIA E PROTEÍNA EM BOVINOS DE CORTE CRIADOS EM SISTEMAS PASTO-SUPLEMENTO	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS	40
DISCUSSÃO.....	44
CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS	48

LISTA DE FIGURAS**CAPÍTULO 1**

Figura 1 – Esquema do metabolismo de proteína e nitrogênio não proteico em ruminantes..	
.....	23

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Comparação dos perfis dos AAE dos tecidos corporais e leite com os de microrganismos ruminais e alguns alimentos para ruminantes	28
---	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Composição química de amostras de pasto e dos ingredientes concentrados	36
Tabela 2 - Ingredientes da ração, composição química dos suplementos e forragem	36
Tabela 3 – Efeito dos suplementos sobre o consumo voluntario de tourinhos Nelore	41
Tabela 4 – Efeito dos suplementos sobre os coeficientes de digestibilidade total (%) e teor de matéria orgânica digerida (DOM - g/kg de MS) de tourinhos Nelore em pastejo	42
Tabela 5 - Efeito dos suplementos sobre a ingestão e excreção de nitrogênio (N), balanço de N, PH ruminal e ureia sanguínea de tourinhos Nelore em pastejo	43
Tabela 6 – Efeito do suplemento com diferentes composições de PNDR e quantidade de energia para bovinos de corte Nelore em pastejo	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AA	- aminoácidos
AAE	- aminoácidos essenciais
CIF	- concentração interna de marcadores nas fezes
CIFO	- fibra em detergente neutro indigestível presente na forragem
CMSS	- ingestão de matéria seca de suplemento
CNF	- carboidratos não fibrosos
DDG	- distiller's dried grains
DDGs	- distiller's dried grains with solubles
DOM	- concentração dietética de matéria orgânica digerida
EE	- extrato etéreo
EF	- excreção fecal
FDA	- fibra em detergente ácido
FDN	- fibra em detergente neutro
FDNcp	- fibra em detergente neutro corrigida para análise de cinzas e proteína
FDNi	- fibra em detergente neutro indigestível
GDPS	- ganho de peso proporcionado pelo suplemento concentrado
GMD	- ganho médio diário
ha	- hectares
IS	- fibra em detergente neutro indigestível ingerido a partir do suplemento
Kd	- degradação
Kp	- taxa de passagem
MO	- matéria orgânica
MOD	- matéria orgânica digerida
MS	- matéria seca
MSpd	- matéria seca potencialmente digestível
N	- nitrogênio
NNP	- nitrogênio não proteico
NRC	- national research council
PB	- proteína bruta
PC	- peso corporal

PCF	- peso corporal final
PCI	- peso corporal inicial
PCVZ	- peso de corpo vazio
PDR	- proteína degradável no rúmen
PM	- proteína metabolizável
Pmic	- proteína microbiana
PNDR	- proteína não degradável no rúmen
TEC	- toneladas equivalente carcaça

RESUMO

Avaliou-se a suplementação proteico-energética sobre o consumo, digestibilidade, metabolismo e desempenho de tourinhos Nelore em pastagem com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com dois níveis de proteína não degradável no rúmen (72,5% e 48,8% da PB) e dois níveis de energia (1,5 e 3,0 kg/animal/dia) e suplementação mineral (tratamento controle) no período de transição da estação seca para chuvosa. Para avaliar o desempenho, foram utilizados 30 animais com peso inicial (PI) de $181,5 \pm 6,3$ kg distribuídos em 15 piquetes de 0,66 ha em delineamento inteiramente casualizado durante 84 dias. Na avaliação dos efeitos da dieta sobre o metabolismo, foram utilizados cinco tourinhos com PI de $183,34 \pm 30,54$ kg em delineamento quadrado latino 5x5, cada período durou 15 dias, com 7 dias para a adaptação e 8 dias para colheita das amostras em piquetes individuais de 0,33 ha. O suplemento concentrado diminuiu o consumo de MS de pasto em 22% ($P < 0,10$) e elevou ($P < 0,10$) o consumo médio diário de PB proporcionalmente ao nível de energia. O suplemento concentrado melhorou a digestibilidade da matéria orgânica, PB, FDN e MOD ($P < 0,10$). A ingestão de N e o N retido sofreram efeito ($P < 0,10$) da suplementação concentrada, com valores 32,05% inferiores de N retido para a dieta controle comparados aos demais tratamentos. Para os animais suplementados com concentrado, os que receberam alta energia obtiveram maiores valores para retenção de N. O pH ruminal não diferiu entre os tratamentos ($P > 0,10$). O nível de ureia no plasma sanguíneo foi menor ($P < 0,10$) nos animais do tratamento controle comparado com suplementação concentrada. Além disso, foi observado que o nível de PNDR influenciou a concentração de ureia plasmática, sendo que os tratamentos com alta PNDR resultaram em menores valores ($P < 0,10$) de ureia no plasma em comparação aos tratamentos com baixa PNDR. Animais mantidos a pasto recebendo apenas mistura mineral tiveram ganho médio diário (GMD) de 0,873 kg, sendo inferior ($P < 0,10$) aos animais que receberam suplementação concentrada, cujas médias foram 1,095 e 1,328 kg para o fornecimento de 1,5 e 3,0 kg/animal/dia, respectivamente. Observou-se que os animais suplementados com alta PNDR e alta energia apresentaram queda no GMD ($P < 0,10$) em comparação aos suplementados com baixa PNDR e alta energia. Conclui-se que a suplementação com diferentes níveis de PNDR e de energia afetam o metabolismo, principalmente nos níveis de ureia no sangue dos animais, contudo, a PNDR não afeta o desempenho dos animais mantidos a pasto durante o período de transição da estação seca para a chuvosa.

Palavras chave: DDGs, eficiência do nitrogênio, degradabilidade proteica ruminal, consumo e digestibilidade.

ABSTRACT

Protein-energy supplementation was evaluated during 84 days on the consumption, digestibility, metabolism and performance of Nellore bulls kept in pasture of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, with two levels of rumen-undegradable protein (RUP) (72.5% and 48.8% of CP) and two levels of energy (1.5 and 3.0 kg / animal / day) and mineral supplementation (control treatment) in the transition period from the dry to the rainy season. To evaluate the performance, 30 animals with initial weight (IW) of 181.5 ± 6.3 kg were distributed in 15 paddocks with 0.66 ha in a completely randomized design. To evaluate the effects of the diet on metabolism, five bulls with IW of 183.34 ± 30.54 kg kept in individual paddocks of 0.33 ha, were used in a 5x5 Latin square design, each period lasted 15 days, with 7 days for adaptation and 8 days for sample collection. The concentrated supplement decreased the consumption of DM from pasture by 22% ($P < 0.10$) and increased ($P < 0.10$) the average daily consumption of CP proportionally to the energy level. The concentrated supplement improved the digestibility of organic matter, CP and NDF ($P < 0.10$). The intake of N and the retained N suffered an effect ($P < 0.10$) of the concentrated supplementation, with 32.05% lower values of retained N for the control diet compared to the other treatments. For animals supplemented with concentrate, those that received high energy obtained higher values for the retention of N. The ruminal pH did not differ between treatments ($P > 0.10$). The blood plasma urea level was lower ($P < 0.10$) in the control animals compared to concentrated supplementation. Furthermore, it was observed that the level of RUP influenced the plasma urea concentration, and treatments with high RUP resulted in lower values ($P < 0.10$) of plasma urea compared to treatments with low RUP. Animals kept on pasture receiving only mineral mixture had an average daily gain (ADG) of 0.873 kg, being lower ($P < 0.10$) than animals that received concentrated supplementation, whose averages were 1.095 and 1.328 kg for the supply of 1.5 and 3.0 kg, respectively. It was observed that animals supplemented with high RUP and high energy showed a drop in ADG ($P < 0.10$) compared to those supplemented with low RUP and high energy. It is concluded that supplementation with different levels of RUP and energy affect the metabolism, mainly in the blood urea levels, of the animals, however, RUP does not affect the performance of animals kept on pasture during the transition period of the dry season. for rainy.

Key word: DDGs, nitrogen efficiency, ruminal protein degradability, consumption and digestibility.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

Dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC 2019)¹ destacam o rebanho brasileiro como o maior do mundo, com 221,8 milhões de cabeças e produção de 9,71 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC) em 2017. Esse número nos colocou como o maior rebanho bovino mundial nesse ano. O Brasil embora tenha o maior rebanho bovino do mundo, está em segundo lugar na produção de carne, atrás do EUA que produzem 12,1 milhões de TEC, pelo elevado índice tecnológico empregado. Isso demonstra o grande potencial de crescimento da produção nacional¹.

No Brasil a área ocupada por pastagens é cerca de 173 milhões de hectares, localizados principalmente na região tropical, sendo as pastagens, principalmente as tropicais, a base da alimentação dos rebanhos². A região Centro-Oeste destaca-se pelo expressivo rebanho de bovinos de corte, 35,3% do rebanho nacional¹. Há comoção muito grande pela preservação do meio ambiente, sendo assim, sistemas de produção de carne deverão ser explorados da melhor forma, principalmente no uso das pastagens, baseados no aumento da produtividade nas áreas atualmente utilizadas, visando elevar a quantidade e a qualidade da produção de carne bovina. Porém, é fundamental que este aumento na produção seja sustentável economicamente e ambientalmente correto.

Assim, segundo Paulino et al.³, a necessidade de otimização dos recursos produtivos, do aumento da competitividade no mercado, do incremento da produtividade e da redução dos custos levam a tendência de adoção de tecnologias capazes de tornar a exploração pecuária cada vez mais competitiva e rentável, buscando-se índices produtivos compatíveis com a bovinocultura de ciclo curto em pastagens.

Atualmente, a suplementação alimentar dos rebanhos bovinos encontra-se em amplo crescimento, tendo em vista a necessidade da pecuária se tornar mais competitiva, tanto na questão zootécnica quanto do ponto de vista econômico. Segundo Valadares Filho et al.⁴ uma das grandes aplicações do conhecimento de nutrição de ruminantes no Brasil foi a implantação da suplementação a pasto.

A prática da suplementação também permite menores custos comparados ao fornecimento da dieta total em cochos de confinamentos, especialmente por deter baixos investimentos em instalações e equipamentos, além de menores exigências em infraestrutura,

viabilizando a pecuária de ciclo curto em qualquer propriedade. Além disso, a prática da suplementação a pasto causa, menor impacto ambiental, quando comparado ao confinamento pois este produz grande volume de dejetos que ficam concentrados em pequenas áreas, além disso, favorece a propagação de doenças pela grande concentração de animais.

Com a prática da suplementação, os suplementos e o pasto consumidos pelos ruminantes são transformados pelos microrganismos ruminais em proteína microbiana de alta qualidade além de peptídeos e energia. Segundo Russell et al.⁵, essa transformação resulta em certa confusão para a previsão do desempenho animal a partir dos componentes dietéticos pois as determinações de proteína bruta e digestível não explicam completamente a dinâmica da fermentação ruminal e a potencial perda de nitrogênio na forma de amônia.

Embora as deficiências nutricionais de natureza múltipla se ampliem na forragem mal manejada, é notória a deficiência prioritária de compostos nitrogenados. Esse quadro ocasiona condições desfavoráveis no ambiente ruminal, reduzindo o crescimento microbiano, a degradação da fibra, o consumo de pastos e, conseqüentemente, a disponibilidade de proteína e energia metabolizáveis para o animal. Baixo crescimento corporal ou até mesmo mobilização de tecidos corporais são observados no período seco em animais suplementados apenas com mistura mineral⁶.

A proteína bruta (PB) tem sido o principal critério usado para quantificar as exigências proteicas nas formulações de suplementos para bovinos de corte em pastejo. Na prática nem sempre os valores de desempenho preditos são atingidos, pois entre outras razões, devido à falta de banco de dados com valores consistentes de degradação ruminal e perfil de aminoácidos das fontes proteicas⁷.

Segundo Martins et al.⁸, devido à limitação do sistema da PB em estimar adequadamente as exigências proteicas de bovinos de alta produção, estudos têm sido conduzidos baseados nas quantidades e fontes mais adequadas de proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR) a fim de maximizar o fluxo de aminoácidos para o intestino, visando à melhoria do desempenho de bovinos de corte.

O suprimento de aminoácidos para a síntese proteica pelos animais em crescimento depende da quantidade e da qualidade dos aminoácidos absorvidos no intestino⁹. O fluxo de aminoácidos para o intestino pode ser aumentado pela ingestão de proteína não-degradável no rúmen e pelo aumento da eficiência de síntese microbiana.

As exigências de proteína dos ruminantes são atendidas pelos aminoácidos absorvidos no intestino delgado, oriundos, principalmente, da proteína microbiana e da

proteína dietética não-degradada no rúmen. Para atingir elevados níveis de produção, ocorre elevação nas exigências proteicas e há então a necessidade de se maximizar a eficiência de síntese de proteína microbiana, considerando que parte da proteína dietética ingerida escape da degradação ruminal¹⁰⁻¹¹.

A característica do alimento é um dos fatores que afetam a concentração ruminal de N-amoniaco, sendo que fontes mais degradáveis propiciam maior produção de amônia. Ainda, segundo Köster et al.¹², existe alta relação entre o nível de atividade dos microrganismos ruminantes e a concentração ruminal de nitrogênio-amoniaco.

A amônia produzida no rúmen é utilizada pelos microrganismos como fonte de nitrogênio e a disponibilidade de energia é o principal fator para sua assimilação. A amônia não assimilada pelos microrganismos é absorvida pela parede ruminal e removida pela circulação porta hepática para o fígado¹³⁻¹⁴.

A ureia é sintetizada no fígado em quantidades proporcionais à concentração de amônia produzida no rúmen e sua concentração está diretamente relacionada aos níveis proteicos da ração e à relação energia:proteína da dieta¹⁵⁻¹⁶.

A produção excessiva de amônia e sua conseqüente absorção ruminal aumentam a excreção urinária de nitrogênio. Além disso, a quantidade ou degradabilidade da proteína dietética afeta o metabolismo da ureia¹⁷. Segundo Moraes et al.¹⁸, ao fornecerem suplementos concentrados com níveis crescentes de ureia para bovinos em pastejo, verificaram alterações nas concentrações nitrogênio-ureico sérico e urinário.

Os microrganismos ruminantes dependem de fontes de energia e nitrogênio fermentáveis para sua atividade metabólica, influenciando a digestibilidade ruminal e, conseqüentemente, o fluxo de nutrientes, tanto de ácidos graxos voláteis quanto de proteína microbiana para o ruminante.

A utilização de suplementos concentrados ricos em carboidratos de alta degradabilidade associados a fontes proteicas de baixa degradabilidade pode proporcionar excesso de energia e deficiência de nitrogênio para a fermentação ruminal. A falta de compostos nitrogenados limitará o crescimento microbiano, e o excesso de energia é desperdiçado pelos microrganismos podendo resultar na utilização de ciclos indesejáveis para eliminação do excesso de carboidratos. As bactérias que não drenam o excesso de energia têm uma sobrevivência muito baixa, indicando que o excesso de carboidrato pode ser tóxico¹⁹.

Segundo Caldas Neto et al.²⁰, a sincronização entre as fontes de carboidratos e as de nitrogênio pode acarretar maximização da produção microbiana e diminuição da perda de

N na forma de amônia e da energia dos carboidratos, promovendo melhoria na digestão da matéria seca (MS), especialmente da fração fibrosa. O aumento na eficiência microbiana promoveria maior disponibilidade de proteína microbiana para ser absorvida no intestino.

Apesar disto, a importância real do uso de dietas que favorecem a sincronização ruminal entre proteína e energia tem sido alvo de contestações em pesquisas recentes. Na teoria, a sincronização deveria propiciar maior eficiência no uso desses nutrientes e aumentar a população de microrganismos ruminais e por fim potencializar o desempenho dos animais²¹. Todavia, ao longo de três décadas ou mais, o uso de dietas que proporcionam a sincronização proteína-energia no rúmen tem se mostrado ineficiente em melhorar o desempenho animal⁷.

O fornecimento de dietas “não sincronizadas” foi estudado por Kim et al.²² que alteraram o grau de sincronia na liberação ruminal de energia disponível e nitrogênio com dieta de alta proporção de carboidratos facilmente fermentáveis, testando o efeito de 2,0 kg de maltodextrina administrada como infusão intraruminal. Observaram que os tratamentos de infusão reduziram ($P < 0,05$) a concentração de amônia ruminal em relação ao basal. Valkeners et al.²³ estudaram o efeito da falta de sincronização entre energia e N no rúmen sobre a síntese proteica microbiana e metabolismo de N testando diferentes níveis de N degradável no rumem. Ambos autores verificaram que o desempenho dos animais foram iguais, em comparação às dietas “sincronizadas”, sendo a reciclagem endógena de nitrogênio um dos principais fatores responsáveis destes resultados.

Duarte⁶ avaliou a interação entre o nível de PNDR e de oferta de concentrado para novilhas mestiças em confinamento e verificaram que não houve efeito da PNDR ($P > 0,05$) sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, mas a PNDR aumentou o ganho médio diário dos animais.

Assim, segundo Atkinson et al.²⁴, a suplementação com fontes de PNDR, além de fornecer ao animal maior aporte de proteína metabolizável, poderia ser utilizada como fonte de nitrogênio para reciclagem endógena. Segundo os mesmos autores, a produção de ureia no fígado via aminoácidos procedentes de fontes ricas em PNDR ocorre de forma mais lenta em comparação à produção de ureia que utiliza a amônia que é absorvida pela parede do rúmen.

Desta forma, a suplementação com PNDR parece favorecer um ambiente ruminal mais estável através do fornecimento de nitrogênio de forma mais constante via reciclagem endógena. Após hidrólise da ureia em amônia, o nitrogênio resultante deste processo pode não somente ser incorporado à proteína microbiana no rúmen como pode também ser absorvido no intestino²⁴.

Segundo Cervieri et al.²⁵, as informações a respeito das proporções de PDR e PNDR que devem ser fornecidas nas dietas são escassas, pois na maioria das vezes é dada ênfase aos teores de proteína bruta utilizados nas formulações, existindo, portanto, a necessidade de uma caracterização mais adequada da fração proteica dentro deste sistema.

Desta forma, verifica-se a necessidade ou não do sincronismo entre a quantidade de energia e de fontes proteicas de diferentes degradabilidade ruminais presentes em suplementos concentrados pra bovinos de corte mantidos a pasto.

O estudo foi dividido em duas partes, uma para avaliação dos efeitos da dieta sobre o metabolismo de bovinos em pastejo e outra para avaliar o desempenho dos animais recebendo suplementação concentrada com dois níveis de energia e dois níveis de degradabilidade ruminal da proteína e o tratamento controle, suplementação de mistura mineral, os quais estão formatados seguindo as normas das revistas nas quais serão publicados.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Mato Grosso sob o protocolo N° 23108.701699/14-3.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Proteínas

A história das proteínas começa no século XVIII, com a descoberta de certos componentes de materiais vivos, como a clara de ovo, o sangue e o leite, entre outros, onde foi observado que se coagulam em altas temperaturas e em meio ácido. Substâncias com esse tipo de comportamento foram denominadas de albuminóides²⁶.

O pesquisador holandês Gerardus Johannes Mulder (1802-1880) concentrou seus estudos na teoria das proteínas. Em 1836, Mulder havia formulado a teoria de que todas as substâncias albuminosas consistem em um composto radical de carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio, em combinações com quantidades variáveis de enxofre e fósforo. Então chamou esse composto de proteína composta radical. Ele publicou esta teoria em seu livro, *Química da fisiologia vegetal e animal*, de 1849.²⁶

A etiologia da palavra proteína deriva da palavra grega “proteios”, que tem como significado o termo primário.

Carpenter (2003)²⁷ descreve em seu texto que as primeiras pesquisas em nutrição tinham como base entender como os alimentos vegetais poderiam de alguma forma ser transformados em tecido animal pelos animais que os consumiam. Com a descoberta do nitrogênio no final do século XVIII e o desenvolvimento de métodos para determinar seu nível em materiais orgânicos, essas ideias poderiam ser seguidas. Percebeu-se que os materiais colantes compartilhavam a propriedade comum de conter nitrogênio, bem como carbono, hidrogênio e oxigênio, enquanto que os amidos, açúcares e gorduras não estavam presentes. O autor cita o pesquisador Boussingault (1843) que realizou uma série de trabalhos de nutrição com animais domésticos na década de 1830 para avaliar as quantidades de diferentes alimentos para obter o mesmo desempenho, ou seja, quantidade de alimento fornecido para obter o mesmo ganho de peso proporcionado por 100 libras, ou 45,36 kg, de trigo integral. Boussingault (1843), descobriu que alimentos com alto teor de nitrogênio eram em geral de alto valor nutritivo. Sua conclusão foi que o princípio nutritivo das plantas e de seus produtos reside em seus princípios contendo nitrogênio e, conseqüentemente, sua potência nutritiva é proporcional ao nitrogênio que contêm.

Embora os princípios contendo nitrogênio, como nas proteínas, promovem limitações na produção dos animais, são os fatores limitantes em todos os tipos de alimentos vegetais.

As proteínas são macromoléculas que estão presentes no conteúdo celular e desempenham diversas funções biológicas como funções enzimáticas, estruturais, receptores de informações, armazenamento de informações genéticas entre outras. As proteínas são formadas por aminoácidos (AA) unidos através de ligações peptídicas²⁸.

2.2 Proteínas para ruminantes

A proteína na nutrição animal embora não represente a maior proporção da dieta, é um nutriente muito estudado, com grande variação de resultados em relação à quantidade e à fonte proteica além de ser o ingrediente com maior custo monetário da dieta. No caso de bovinos de corte, a quantidade de proteína para manutenção varia de 3,96 a 4,31 g/PCVZ0,75, influenciada pela atividade metabólica e pela composição corporal do animal sem interferir na produção animal. Já a quantidade de proteína para ganho exigida aumenta conforme o nível de produção que se deseja alcançar²⁸.

Nos ruminantes, parte do alimento sofre pré digestão no rúmen por microrganismos alterando a composição da dieta antes de sofrer a digestão ácida e ser absorvida pelo intestino. Os animais ruminantes recebem essa denominação, pois desenvolveram em seu sistema digestivo câmaras com atividade fermentativa chamadas de rúmen, retículo, omaso e por fim, o abomaso, que desempenha a função de digestão química. Os ruminantes evoluíram há 14 milhões de anos e o principal processo evolutivo foi o sucesso da relação simbiótica entre os microrganismos ruminais e seu hospedeiro. Enquanto os animais forneciam disponibilidade de alimento e o habitat ideal, os microrganismos convertiam alimentos de menor valor nutritivo em energia oriunda dos ácidos graxos voláteis e aminoácidos de alto valor biológico²⁹.

A proteína disponível para a absorção, no intestino delgado é o resultado dos produtos finais dos processos digestivos dos compostos nitrogenados, em especial ao montante de aminoácidos disponibilizado para absorção. As fontes de proteína que chegam ao intestino de ruminantes são a proteína microbiana, a proteína dietética que não sofreu ação da microbiota ruminal e a proteína endógena²⁸.

2.3 Metabolismo de proteína no rúmen

A proteína bruta proveniente dos alimentos fornecidos a ruminantes pode ser dividida em fração degradada no rúmen (PDR) e outra fração que não é degradável no rúmen (PNDR). A degradação das proteínas no rúmen ocorre pela ação dos microrganismos que secretam enzimas (proteases, peptidases e deaminases) para a quebra dessas proteínas em aminoácidos, peptídeos e amônia. As bactérias são os microrganismos mais abundantes no rúmen e são as principais responsáveis pela degradação da proteína através da atividade das proteases. Ao primeiro contato da proteína no rúmen ocorre a identificação do substrato pelos microrganismos e a adsorção da proteína pela bactéria, seja ela da fração solúvel ou não solúvel, que assim sofrem a ação das proteases. O resultado da protease é a formação de oligopeptídeos, que irão sofrer a ação das oligopeptidases e são quebrados em pequenos peptídeos e aminoácidos (AA) livres. Peptídeos e AA formados são transportados para o interior da bactéria onde estão sujeitos à degradação dos peptídeos a AA livres, incorporação dos AA livres na proteína microbiana (multiplicação celular), deaminação dos AA em amônia e esqueleto de carbono e a utilização da amônia para síntese de AA ou difusão da amônia não utilizada²⁹.

Protozoários apesar de menos numerosos que as bactérias, também participam na degradação proteica no rúmen. Apesar de menos numerosos que as bactérias. São maiores que as bactérias e fungos, ocupam parte significativa no rúmen. Seu mecanismo de degradação da proteína dá-se pela ingestão de pequenas partículas de alimento, fungos e principalmente de bactérias, ocorre a digestão da proteína até AA. Os protozoários não são capazes de utilizar a amônia para sintetizar AA. Eles também pouco contribuem para o fluxo de proteína microbiana para o intestino, devido seu maior tamanho e menor passagem²⁹.

Grande parte dos aminoácidos absorvidos pelos animais ruminantes são proveniente da proteína microbiana que é sintetizada no rúmen, de forma que as exigências dietéticas de proteínas metabolizável para ruminantes são atendidas mediante combinação da absorção intestinal de aminoácidos oriundos da proteína microbiana e da proteína dietética que não foi degradada no rúmen. A proteína microbiana tem um alto valor biológico, desta forma, tem-se buscado como objetivo da nutrição dos ruminantes, maximizar o fluxo de proteína microbiana para o intestino. Contudo, com o aumento da síntese de proteína microbiana, faz com que haja aumento de ureia excretada na urina, o que implica em perda de eficiência produtiva. Deste modo, é importante quantificar a contribuição da síntese ruminal

de proteína microbiana para compreender melhor o processo de conversão dos nutrientes dietéticos em proteína microbiana assim como os fatores que a afetam³⁰.

O metabolismo de nitrogênio em ruminantes é apresentado de forma esquemática na figura abaixo.

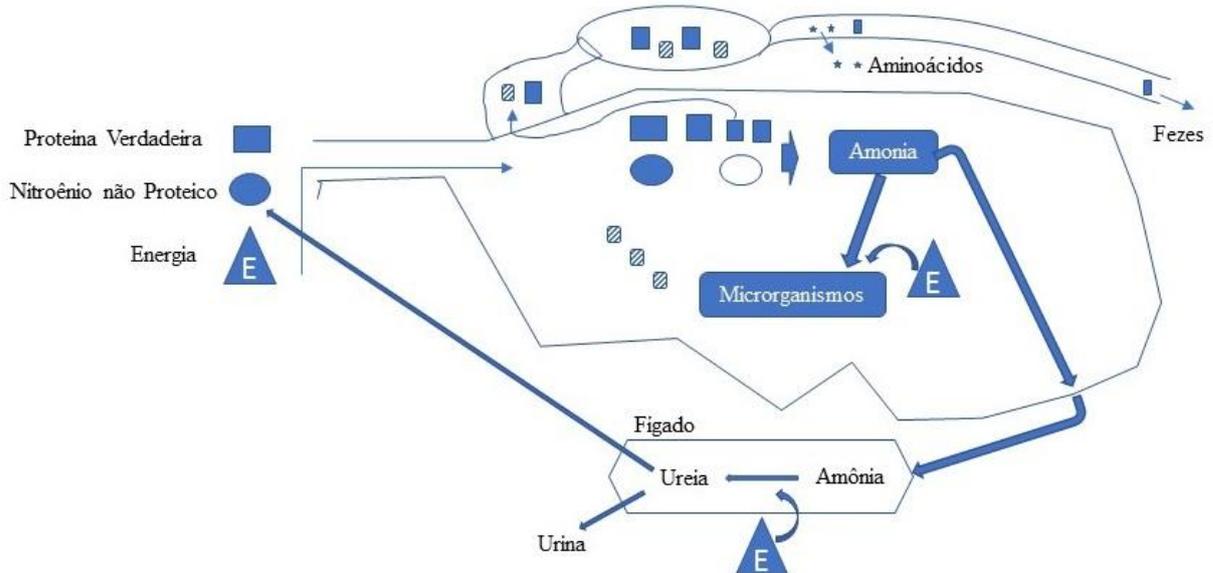


Figura 1 – Esquema do metabolismo de proteína e nitrogênio não proteico em ruminantes, adaptado de Berchielli (2011)

É possível observar na Figura 1 que a dieta do animal contém proteína verdadeira, nitrogênio não proteico e fonte de energia (carboidratos degradáveis no rúmen). Ao ingerir a dieta, parte da proteína verdadeira não sofre degradação no rúmen e segue para o abomaso para ser digerida e a parte que é degradada no rúmen, assim como o nitrogênio não proteico, parte deles são convertidos em amônia. A amônia presente no rúmen é utilizada para a multiplicação celular dos microrganismos, contudo é necessário ter energia disponível para que isso ocorra. A energia disponível então torna-se limitante para a conversão da amônia em proteína microbiana, o excesso de amônia (que tem uma toxicidade elevada) é absorvido pela parede do rúmen, segue até o fígado onde é convertido em ureia que apresenta toxicidade menor, porém, há um gasto de energia na conversão. Da ureia presente na corrente sanguínea, parte retorna ao rúmen pela saliva do animal e uma parte acaba sendo perdida pela urina³⁵.

A partir da proteína proveniente da dieta degradada no rúmen, por parte dos microrganismos, ocorre a formação de ácidos graxos e amônia. Se houver elevada degradação de proteína ocorre excesso de amônia e o hospedeiro reduz a retenção de N³¹.

Inúmeras bactérias presentes no rúmen não capazes de degradar proteínas como: *Clostridium lachheadii*, *Bacillus licheniformes*, *Ruminobacter amylophilus*, são bactérias que utilizam amido como fonte de energia. No entanto, existem bactérias essencialmente proteolíticas, que utilizam aminoácidos como fonte de energia primária que foram classificadas como *Peptostreptococcus* sp, *Clostridium aminophilum*, *Clostridium sticklandii*³².

Esses microrganismos degradam a fração PDR da proteína do alimento em peptídeos, aminoácidos e amônia sendo esses produtos utilizados pelos microrganismos para a multiplicação celular³².

2.4 Fatores que afetam a degradação de proteína no rúmen

São diversos os fatores que afetam a degradação da proteína no rúmen, como as variações na composição física e química da proteína, o tempo de permanência do alimento no rúmen, o pH ruminal, o processamento do alimento e até mesmo a temperatura ambiental. As proporções de proteína verdadeira e de nitrogênio não proteico (NNP) têm forte influência na degradabilidade da proteína, sendo que o NNP é degradado rápido e é totalmente no rúmen. A estrutura tridimensional da proteína e a presença de ligações de dissulfeto também afetam a sua degradação²⁹.

O processamento dos ingredientes da dieta com altas temperaturas pode diminuir a degradabilidade ruminal da proteína devido à formação do complexo entre proteína e carboidratos, além do aumento das pontes de dissulfeto. Contudo, o processamento dos ingredientes de forma consciente em temperatura e tempo adequados podem aumentar o teor de PNDR da dieta sem prejudicar a digestibilidade do alimento²⁹.

2.5 Cinética da degradação de proteína no rúmen

Sabe-se que a proteína contida nos alimentos pode ou não ser degradada no rúmen pela ação dos microrganismos. A fração degradável é utilizada para a multiplicação celular, dando origem à proteína microbiana (Pmic). A Pmic normalmente é a principal fonte de proteína para ruminantes, seguida pela PNDR e, por fim, a proteína endógena²⁹.

Para se avaliar a degradação ruminal da proteína, existem os métodos in vivo, in situ, in vitro e enzimáticos. O método in vivo de avaliação da digestibilidade é o mais preciso,

por ser realizado no próprio animal de estudo, a técnica de digestibilidade *in situ*, consiste na avaliação da degradação de alimentos incubados em sacos de náilon, estes sacos são mantidos dentro do rúmen de animais por uma fistula durante tempo determinados, esta técnica foi proposta por Orskov & McDonald (1979), já a técnica *in vitro* foi desenvolvida por Tilley & Terry (1963), ela simula os processos de digestão que ocorrem no rúmen em laboratório, apresenta valores de digestibilidade similares ao método *in vivo*³³.

O modelo mais utilizado adota dados de degradação ruminal *in situ* e divide a fração proteica em três frações.

As frações da degradação da proteína bruta são divididas em A, B e C. A fração A é referente à parcela da proteína que é completamente degradada no rúmen, rapidamente solubilizada, que compreende o NNP e a proteína contida nas pequenas partículas do alimento que passam pelos poros do saco de náilon. A fração C corresponde à proteína que não é degradada no rúmen, independentemente do tempo de exposição da amostra ao ambiente ruminal. Ela é obtida pela incubação do alimento em sacos de náilon por até 72 horas. A fração B é caracterizada pela proteína insolúvel potencialmente degradável, e obtida pela diferença entre as frações A e C, seja, a porcentagem da proteína bruta inicial que foi digerida da amostra durante o tempo de exposição ruminal, $(100 - (A + C))$. Ela é afetada pela taxa de passagem do alimento no rúmen³⁰.

É possível calcular as frações de PDR e PNDR da proteína através das frações A, B e C, da taxa de passagem (Kp) e de degradação (Kd)

A PDR pode ser calculada como²⁹:

$$PDR = A + B [Kd/(Kd + Kp)]$$

A PNDR pode ser calculada como²⁹:

$$PNDR = PB - PDR$$

Ou

$$PNDR = C + B [Kp/(Kd + Kp)].$$

O modelo de Cornell (CNCPS) é um sistema mais complexo para determinação de PDR e PNDR dos alimentos. São utilizados reagentes químicos para determinar as cinco frações de degradação proteica. A fração A é solúvel em solução de borato-fosfato e não é

precipitada em ácido tricloroacético (TCA). Assume-se que essa fração é rapidamente solubilizada e sua degradação é máxima. A fração C é considerada como proteína não degradada no rúmen, e faz parte da proteína associada com lignina, taninos e produtos de Maillard. A fração B representa a proteína potencialmente degradável e é dividida em três frações (B1, B2 e B3). A fração B1 é a proteína solúvel em borato-fosfato mas que se precipita em TCA. A fração B3 é a diferença entre a proteína recuperada no FDN e a recuperada no FDA (fração C). A fração B2 é a diferença entre o total de proteína bruta e a soma das frações A, B1, B3 e C.

As frações PDR e PNDR da proteína são calculadas com as fórmulas²⁹:

$$\text{PDR} = A + B1 \text{ KdB1}/(\text{KdB1} + \text{Kp}) + B2 \text{ KdB2}/(\text{KdB2} + \text{Kp}) + B3 \text{ KdB3}/(\text{KdB3} + \text{Kp})$$

e

$$\text{PNDR} = B1 \text{ KdB1}/(\text{KdB1} + \text{Kp}) + B2 \text{ KdB2}/(\text{KdB2} + \text{Kp}) + B3 \text{ KdB3}/(\text{KdB3} + \text{Kp}) + C$$

2.6 Síntese hepática e reciclagem da ureia

Quando ureia é ofertada ao animal e essa alcança o rúmen, ela é convertida em amônia e CO₂ pelos microrganismos ruminais com auxílio da enzima urease. A amônia presente no rúmen resultante da ureia ou de outra fonte proteica, é utilizada pelos microrganismos para a síntese de sua própria proteína até satisfazer seus requerimentos, determinados pela disponibilidade de carboidratos fermentáveis. O excesso de amônia é absorvido pelo epitélio ruminal, transportado via corrente sanguínea até o fígado, onde é convertida novamente a ureia, que é uma forma menos tóxica ao animal. Esta conversão custa ao animal 12 kcal/g de nitrogênio³¹.

O pico de amônia no rúmen ocorre após a alimentação e tem relação com a fonte de nitrogênio presente na dieta. Quando é fornecida ureia, o pico de amônia ocorre normalmente em uma a duas horas após a ingestão. Quando são fornecidas fontes de proteína verdadeira, esse pico ocorre entre três e cinco horas, estando diretamente relacionado com a degradabilidade ruminal da proteína ofertada²⁹.

A maior parte da amônia que não é utilizada pelos microrganismos tende a ser absorvida pela parede ruminal por difusão e transportada para o fígado via veia porta. A

absorção da amônia pela parede ruminal se dá pela sua forma não ionizada (NH_3), sendo que na forma ionizada (NH_4^+) a amônia não é absorvida pela parede ruminal. Desta forma, a redução do pH ruminal favorece a ionização da amônia e prejudica sua absorção com consequente acúmulo no rúmen²⁹.

A amônia possui um alto grau de toxicidade aos animais. Assim, ao ser recebida no fígado é convertida em ureia. Para isso, duas moléculas de amônia são convertidas em uma de ureia. A primeira molécula de amônia é carboxilada, dando origem ao composto carbamoil fosfato, sendo gastos 2 ATPs. O carbamoil fosfato irá reagir com a ornitina formando uma molécula de citrulina. A segunda molécula de amônia ao entrar na reação é originária do aspartato que reage com a citrulina, formando argino-succinato. Esse composto é quebrado, regenerando a ornitina e liberando uma molécula de ureia²⁹.

A eficiência da utilização da amônia pelos microrganismos para síntese microbiana está diretamente relacionada com a disponibilidade de energia no rúmen. Rações com excesso de PDR favorecem excesso de amônia no rúmen que dependerá de quantidade significativa de energia para a sintetização e excreção da ureia. A excreção de ureia representa alto custo ao metabolismo, com desvio de energia para a manutenção das concentrações de nitrogênio em níveis não tóxicos ao indivíduo³².

2.7 Síntese de proteína microbiana

A proteína metabolizável que chega ao intestino dos ruminantes é proveniente da proteína microbiana, PNDR e proteína endógena. A proteína microbiana é, de maneira geral, a principal fonte de proteína metabolizável (PM) para os ruminantes. Em vacas leiteiras, a proteína microbiana pode representar algo entre 45 a 55% da PM intestinal, 55 a 65% em bovinos de corte recebendo ração rica em energia e acima de 65% em bovinos mantidos em pastagens³³.

As células microbianas possuem bom perfil de aminoácidos essenciais (AAE), sendo consideradas de alto valor biológico, ou seja, com um perfil de aminoácidos similar ao leite e musculo bovino. Células microbianas possuem em sua composição principalmente proteínas. O modelo de Cornell (CNCPS) assume que as bactérias que passam para o intestino contêm 62,5% de proteína bruta, 21% de carboidratos, 12 % de lipídeos e 4,4% de cinzas.

Na tabela 1 está apresentada uma comparação dos perfis dos AAE dos tecidos corporais e leite com os de microrganismos ruminais e alguns alimentos para ruminantes.

Tabela 1 – Comparação dos perfis dos AAE dos tecidos corporais e leite com os de microrganismos ruminais e alguns alimentos para ruminantes

Itens	% dos AAE totais									
	Arg	His	Ile	Leu	Lis	Met	Phe	Thr	Trp	Val
Tecidos	16,8	6,3	7,1	17,0	16,3	5,1	8,9	9,9	2,5	10,1
Leite	7,2	5,5	11,4	19,5	16,0	5,5	10,0	8,9	3,0	13,0
Bactérias ruminais	10,2	4,0	11,5	16,3	15,8	5,2	10,2	11,7	2,7	12,5
Feno de gramínea	11,7	4,9	10,0	18,8	10,5	3,9	11,8	10,9	3,7	13,6
Milho	11,5	7,8	8,2	27,9	7,1	5,3	11,5	8,8	1,8	10
Farelo de soja	16,2	6,1	10,1	17,2	13,9	3,2	11,6	8,7	2,8	10,2
Resíduo de destilaria de milho (DDGs)	10,7	6,6	9,8	25,4	5,9	4,8	12,9	9,1	2,3	12,4

Fonte: NRC (2001)³⁶

É interessante notar que o perfil de aminoácidos das bactérias ruminais se assemelha ao perfil de aminoácidos do leite e do tecido animal.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Beef-Report-2019: Perfil da pecuária no Brasil. São Paulo, 2019;47p. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2019>
2. Macedo MCM, Zimmer AH, Kichel AN, Almeida RG, Araujo AR. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. Encontro De Aducação De Pastagens Da Scot Consultoria; 2013; Ribeirão Preto, SP. Anais. Scot Consultoria. 2013:158-181.
3. Paulino MF, Zervoudakis JT, Moraes EHBK, Detmann E. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. Simpósio de Produção de Gado de Corte, SIMCORTE 3; 2002; Viçosa, Brasil. Anais. Editora UFG. 2002:153-196.
4. Valadares Filho SC, Paulino PVR, Magalhães KA, Paulino MF. Modelos nutricionais alternativos para otimização de renda na produção de bovinos de corte. Simpósio de Produção de Gado de Corte, SIMCORTE 3; 2002; Viçosa, Brasil. Anais. Editora UFG. 2002:197-254.
5. Russell JB, O'Connor JD, Fox DJ, Van Soest PJ, Sniffen CJ. A net carbohydrate an protein system for evaluation for cattle diets: Ruminal fermentation. Journal of Animal Science. 1992;70(12):3551-3581.
6. Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC. Suplementação animal em pasto: energética ou proteica. Simpósio Sobre Manejo Estratégico Da Pastagem; 2006; Viçosa, Brasil. Anais. Viçosa. 2006:359-392.

7. Duarte MS. Desempenho e qualidade de carne em novilhas alimentadas com dois níveis de concentrado e proteína não degradável no rúmen e influência da maturidade fisiológica sobre os parâmetros qualitativos da carcaça e da carne bovina. [Dissertação] Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia;2010, 67p.
8. Martins CG, Duarte MS, Paulino PVR et al. Efeito da proteína não degradável no rúmen sobre o rendimento de carcaça e cortes comerciais de novilhas confinadas recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado. : Congresso Brasileiro de Zootecnia ZOOTEC; 2009; Águas de Lindóia, Brasil. Anais. ABZ. 2009:CD-ROM.
9. Mabjeesh SJ, Arieli A, Bruckental I, Zamwell S, Tagari H. Effect of type of protein supplementation on duodenal amino acid flow and absorption in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1996;79(10):1792-1801.
10. Paulino MF, Fontes CAA, Jorge AM, Gomes Junior P. Composição corporal e exigências de energia e proteína para ganho de peso de bovinos de quatro raças zebuínas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1999;28(3):627-633.
11. Broderick GA, Wallace RJ, Ørskov ER. Control of rate and extent of protein degradation. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Eds.). *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. New York: Academic Press; 1991. p.542-592.
12. Koster HH, Cochran RC, Titgemeyer EC, Vanzant ES, Abdelgadir I, Saint-Jean G. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. *Journal of Animal Science*. 1996;74:2473-2481.
13. Huntington GB, Archibeque SL. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. *Journal of Animal Science*. 2000;77(E-Suppl):1-11.
14. Lobley GE, Connell A, Lomax MA, Brown DS, Milne E, Calder AG, Farningham DAH. The effect of nitrogen and protein supplementation on feed intake, growth and digestive function of steers with different *Bostaurus* genotypes when fed a low quality grass hay. *British Journal of Nutrition*. 1995; 73(5):667-685.
15. Harmeyer J, Martens H. Aspects of urea metabolism with reference to the goat. *Journal of Dairy Science*. 1980;63(10):1707-1728.
16. Wittwer F, Reyes JM, Opitz H, Contreras PA, BÖhmwald H. Determinación de úrea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 1993;25:165-172.
17. Huntington GB, Poore M, Hopkins BJ, Spears J. Effect of ruminal protein degradability on growth and N metabolism in growing beef steers. *Journal of Animal Science*. 2001;79(2):533-541.
18. Moraes EHBK, Paulino MF, Moraes KAK, Valadares Filho SC, Zervoudakis JT, Detmann E. Ureia em suplementos proteico-energéticos para bovinos de corte durante o período da seca: características nutricionais e ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009;38(4):770-777.

19. Russell JB. Strategies that ruminal bacteria use to handle excess carbohydrate. *Journal of Animal Science*. 1998;76(8):1955-1963.
20. Caldas Neto SF, Zeoula LM, Kazama R, Prado IN, Geron LJV, Oliveira FCL, Prado, OPP. Proteína degradável no rúmen associada a fontes de amido de alta ou baixa degradabilidade: digestibilidade in vitro e desempenho de novilhos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007;36(2):452-460.
21. Hall MB, Huntington GB. Nutrient synchrony: Sound in theory, elusive in practice. *Journal of Animal Science*. 2008;86(2):287-292.
22. Kim KH, Oh Y-G, Choung JJ, Chamberlain, DG. Effects of varying the degree of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in cattle consuming grass silage. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 1999;79(6):833-838.
23. Valkeners D, Théwis A, Piron F, Beckers Y. Effect of imbalance between energy and nitrogen supplies on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscled Belgian Blue bulls. *Journal of Animal Science*. 2004;82(6):1818-1825.
24. Atkinson RL, Toone CD, Ludden PA. Effects of supplemental ruminally degradable protein versus increasing amounts of supplemental ruminally undegradable protein on site and extent of digestion and ruminal characteristics in lambs fed low-quality forage. *Journal of Animal Science*. 2007;85(12):3322-3330.
25. Cervieri RC, Arrigoni MB, Oliveira HN, Silveira AC, Chardulo LAL, Costa C, Martins CL. Desempenho e características de carcaça de bezerros confinados recebendo dietas com diferentes degradabilidade da fração proteica. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2001;30(5):1590-1599.
26. Berkel K, Helden A, Palm, L. A history of science in the Netherlands. Survey, themes and reference. *BMGN - Low Countries Historical Review*; 1999; Leiden, Boston, Keulen: Brill; 1999;115(3):433-435
27. Carpenter KJ. The History of Enthusiasm for Protein. *The Journal of Nutrition*. 1986;116(7):1364-1370
28. Rotta PP, Menezes ACB, Silva LFC, Valadares Filho SC, Prados LF, Marcondes MI. Exigências de proteína para bovinos de corte. In: Valadares Filho SC, Silva LFC, Gionbelli MP, Rotta PP, Marcondes MI, Chizzotti ML, Prados LF, editores. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE 3*. Viçosa:UFV, DZO; 2016. p.191-220.
29. Santos FAP, Mendonca AP. Metabolismo de Proteínas. In: Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG, editores. *Nutrição de ruminantes*. 2.ed. Jaboticabal:Funep, 2011. P.265-292
30. Pina DS, Valadares RFD, Valadares Filho SC, Chizzotti ML. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In Valadares Filho SC, Marcondes MI, Chizzotti ML, Paulino PVR, editores. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados – BR-CORTE 2*. Viçosa:UFV, DZO; 2010. p.13-45.
31. Teixeira JC. *Nutrição de ruminantes*. Lavras:Edições FAEPE; 1992. 239p.

32. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press; 1994. 476p.
33. Oliveira VS, Valença RL, Santana Neto JA, Santana JCS, Santos CB, Lima IGS. Utilização da técnica de produção de gás in vitro para estimar a digestibilidade dos alimentos. Revista Científica De Medicina Veterinária. 2014;23 Ano XII.
34. Paixão ML, Valadares Filho, SV, Leão MI, Valadares RFD, Paulino MF, Marcondes MI, Fonseca MA, Silva PA, Pina DS. Ureia em dietas para bovinos: consumo, digestibilidade dos nutrientes, ganho de peso, características de carcaça e produção microbiana. Revista Brasileira de Zootecnia. 2006;35(6):2451-2460.
35. Alves EM, Pedreira MS, Oliveira CAS, Ferreira, DN, Moreira BS, Freire LDR. Importância da sincronização do complexo proteína/energia na alimentação de ruminantes. PUBVET Londrina. 2010;4(20):844-849
36. Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG. Nutrição de Ruminantes. 2a. ed. Jaboticabal: Funep; 2011. 483p.
37. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle: Seventh Revised Edition, 2001. Washinton, D.C.: The National Academies Press; 2001. 381p.

CAPÍTULO 2 – SINCRONIZAÇÃO RUMINAL DE ENERGIA E PROTEÍNA EM BOVINOS DE CORTE CRIADOS EM SISTEMAS PASTO-SUPLEMENTO

RESUMO

Avaliou-se a suplementação proteico-energética sobre o consumo, digestibilidade, metabolismo e desempenho de tourinhos Nelore em pastagem com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com dois níveis de proteína não degradável no rúmen (72,5% e 48,8% da PB) e dois níveis de energia (1,5 e 3,0 kg/animal/dia) e suplementação mineral (tratamento controle) no período de transição da estação seca para chuvosa. Para avaliar o desempenho, foram utilizados 30 animais com peso inicial (PI) de $181,5 \pm 6,3$ kg distribuídos em 15 piquetes de 0,66 ha em delineamento inteiramente casualizado durante 84 dias. Na avaliação dos efeitos da dieta sobre o metabolismo, foram utilizados cinco tourinhos com PI de $183,34 \pm 30,54$ kg em delineamento quadrado latino 5x5, cada período durou 15 dias, com 7 dias para a adaptação e 8 dias para colheita das amostras em piquetes individuais de 0,33 ha. O suplemento concentrado diminuiu o consumo de MS de pasto em 22% ($P < 0,10$) e elevou ($P < 0,10$) o consumo médio diário de PB proporcionalmente ao nível de energia. O suplemento concentrado melhorou a digestibilidade da matéria orgânica, PB, FDN e MOD ($P < 0,10$). A ingestão de N e o N retido sofreram efeito ($P < 0,10$) da suplementação concentrada, com valores 32,05% inferiores de N retido para a dieta controle comparados aos demais tratamentos. Para os animais suplementados com concentrado, os que receberam alta energia obtiveram maiores valores para retenção de N. O pH ruminal não diferiu entre os tratamentos ($P > 0,10$). O nível de ureia no plasma sanguíneo foi menor ($P < 0,10$) nos animais do tratamento controle comparado com suplementação concentrada. Além disso, foi observado que o nível de PNDR influenciou a concentração de ureia plasmática, sendo que os tratamentos com alta PNDR resultaram em menores valores ($P < 0,10$) de ureia no plasma em comparação aos tratamentos com baixa PNDR. Animais mantidos a pasto recebendo apenas mistura mineral tiveram ganho médio diário (GMD) de 0,873 kg, sendo inferior ($P < 0,10$) aos animais que receberam suplementação concentrada, cujas médias foram 1,095 e 1,328 kg para o fornecimento de 1,5 e 3,0 kg/animal/dia, respectivamente. Observou-se que os animais suplementados com alta PNDR e alta energia apresentaram queda no GMD ($P < 0,10$) em comparação aos suplementados com baixa PNDR e alta energia. Conclui-se que a suplementação com diferentes níveis de PNDR e de energia afetam o metabolismo, principalmente nos níveis de ureia no sangue dos animais, contudo, a PNDR não afeta o desempenho dos animais mantidos a pasto durante o período de transição da estação seca para a chuvosa.

Palavras chave:

Proteína degradada no rúmen, consumo, degradabilidade, desempenho e suplementação.

ABSTRACT

Protein-energy supplementation was evaluated during 84 days on the consumption, digestibility, metabolism and performance of Nelore bulls kept in pasture of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, with two levels of rumen-undegradable protein (RUP) (72.5% and 48.8% of CP) and two levels of energy (1.5 and 3.0 kg / animal / day) and mineral supplementation (control treatment) in the transition period from the dry to the rainy season.

To evaluate the performance, 30 animals with initial weight (IW) of 181.5 ± 6.3 kg were distributed in 15 paddocks with 0.66 ha in a completely randomized design. To evaluate the effects of the diet on metabolism, five bulls with IW of 183.34 ± 30.54 kg kept in individual paddocks of 0.33 ha, were used in a 5x5 Latin square design, each period lasted 15 days, with 7 days for adaptation and 8 days for sample collection. The concentrated supplement decreased the consumption of DM from pasture by 22% ($P < 0.10$) and increased ($P < 0.10$) the average daily consumption of CP proportionally to the energy level. The concentrated supplement improved the digestibility of organic matter, CP and NDF ($P < 0.10$). The intake of N and the retained N suffered an effect ($P < 0.10$) of the concentrated supplementation, with 32.05% lower values of retained N for the control diet compared to the other treatments. For animals supplemented with concentrate, those that received high energy obtained higher values for the retention of N. The ruminal pH did not differ between treatments ($P > 0.10$). The blood plasma urea level was lower ($P < 0.10$) in the control animals compared to concentrated supplementation. Furthermore, it was observed that the level of RUP influenced the plasma urea concentration, and treatments with high RUP resulted in lower values ($P < 0.10$) of plasma urea compared to treatments with low RUP. Animals kept on pasture receiving only mineral mixture had an average daily gain (ADG) of 0.873 kg, being lower ($P < 0.10$) than animals that received concentrated supplementation, whose averages were 1.095 and 1.328 kg for the supply of 1.5 and 3.0 kg, respectively. It was observed that animals supplemented with high RUP and high energy showed a drop in ADG ($P < 0.10$) compared to those supplemented with low RUP and high energy. It is concluded that supplementation with different levels of RUP and energy affect the metabolism, mainly in the blood urea levels, of the animals, however, RUP does not affect the performance of animals kept on pasture during the transition period of the dry season. for rainy.

Key word: DDGs, nitrogen efficiency, ruminal protein degradability, consumption and digestibility.

INTRODUÇÃO

Na nutrição de ruminantes, estudos sobre proteínas são de grande relevância devido ao seu efeito no desempenho animal. Em estudos sobre proteína bruta, Carpenter (2003) descreve que as primeiras pesquisas em nutrição tinham como base entender como os alimentos vegetais poderiam de alguma forma ser transformados em tecido animal. Com a descoberta do nitrogênio no final do século XVIII e o desenvolvimento de métodos para determinar seu nível em materiais orgânicos, foi possível entender melhor o efeito da composição dos alimentos sobre o desempenho animal.

A proteína fornecida nas rações para ruminantes pode ser dividida em duas principais frações, proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR) (NRC, 1985).

O NRC (1985) já reportava que a síntese de proteína microbiana não depende apenas da proporção de PDR no rúmen, mas também, dos níveis de carboidratos fermentados no rúmen, devendo haver um sincronismo entre a degradação da proteína e disponibilidade de energia para o fornecimento ideal de esqueleto de carbono, energia e nitrogênio que são necessários para ocorrer a multiplicação dos microrganismos ruminais.

O fornecimento de suplementos para bovinos em pastejo tem como objetivo melhorar a fermentação ruminal potencializando o crescimento dos microrganismos do rúmen, tornando mais eficiente a digestão e aproveitamento da forragem, além da capacidade de converter nitrogênio não proteico e proteína de baixa qualidade metabólica em proteína microbiana com alta qualidade, assim melhorando o desempenho do animal. Muitos suplementos fornecidos para bovinos tendem a promover o aumento da produção de proteína microbiana com dietas baseadas em PDR. A grande importância da maximização da proteína microbiana é devido ao seu perfil de aminoácidos serem similares aos encontrados no tecido muscular do animal e pouco comum em alimentos vegetais nas dietas de ruminantes. Todavia, a síntese de proteína microbiana é dependente de compostos nitrogenados, fonte de energia e da sincronização da degradação ruminal de energia e proteína.

Antes do nitrogênio presente no rúmen ser convertido em proteína microbiana, ele é convertido em amônia e CO_2 , sendo a amônia utilizada pelos microrganismos para multiplicação celular. A parte dessa amônia que não é utilizada pelos microrganismos ruminais é absorvida pelo epitélio ruminal, transportada até o fígado e convertida em ureia, que é uma forma menos tóxica. A ureia sintetizada retorna ao rúmen do animal através da saliva via ruminação. Porém, todo esse processo metabólico consome energia, com o animal gastando 12 kcal por grama de nitrogênio, além de parte desse nitrogênio ser perdido via urina (VAN SOEST, 1994). Além disso, um nível mais baixo de N na dieta leva a uma menor necessidade metabólica de desintoxicação endógena de amônia derivada do rúmen (produção de ureia) que melhora o estado metabólico do animal. Dessa forma, o desafio é aumentar a eficiência de utilização do N sem prejudicar o desempenho dos animais.

O conceito de sincronia nutricional pressupõe que a dieta é o principal determinante da quantidade e qualidade dos nutrientes à população microbiana ruminal e portanto, ao animal. Níveis múltiplos de N ruminal e endógeno determinam a disponibilidade de nutrientes para o rúmen e animal (Hall e Huntington, 2008).

Nossa hipótese é de que o aumento no fornecimento de PNDR pode alterar as características fermentativas do rúmen, bem como aumentar o fluxo de proteína metabólica e

melhorar o N retido por tourinhos Nelore. Espera-se que os tourinhos alimentados com maior teor de PNDR apresentem concentrações inferiores de ureia no sangue e excretada via urina em relação aos tourinhos alimentados com maior teor de PDR, mas não necessariamente menor desempenho. Assim, esse estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência do aumento das quantidades de PNDR em dois níveis de energia na dieta sobre a ingestão e digestibilidade dos nutrientes, retenção de N, bem como no desempenho de tourinhos Nelore.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos envolvendo animais foram aprovados pelo comitê de ética no uso de animais (CEUA), da Universidade Federal de Mato Grosso, sob o protocolo n° 23108.701699/14-3.

Delineamento experimental, Animais e Suplementos.

O experimento foi realizado no município de Sinop, estado de Mato Grosso, situado na região Centro-Oeste Brasileira e na região de bioma Amazônico. (11°55'22.5"S; 55°27'32.5"W, elevação de 345 m), entre os meses de outubro de 2015 e janeiro de 2016, referente ao período de transição da estação seca e estação chuvosa. A área experimental foi constituída de pastagem formada com capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu onde cinco piquetes de 0,33 ha foram utilizados para avaliação das dietas sobre o metabolismo dos animais e quinze piquetes de 0,66 ha para avaliação do desempenho dos animais.

Para a avaliação da ingestão de nutrientes, digestibilidade, pH ruminal, ureia sanguínea e retenção de N, foram utilizados cinco tourinhos da raça Nelore, com peso corporal médio inicial de $183,34 \pm 30,54$ kg e idade média de 12 meses. Na avaliação do ganho de peso, foram utilizados 30 tourinhos Nelore, com peso inicial de $181,5 \pm 6,3$ kg e idade média de 12 meses.

A composição bromatológica dos ingredientes do suplemento e do pasto estão representados na tabela 1.

Tabela 1 - Composição química de amostras de pasto e dos ingredientes concentrados.

	Milho	Farelo de Soja	DDGs	Pasto
Matéria seca (%MS)	91,14	91,95	92,91	44,96
Matéria orgânica (%MS)	98,85	93,02	97,77	92,58
Proteína bruta (%MS)	8,28	48,58	29,79	9,51
NIDN (%MS)	1,81	2,93	2,23	1,11
CT	64,04	59,98	66,92	62,96
Extrato etéreo (%MS)	3,93	1,21	6,47	1,09
CNF (%MS)	65,46	11,96	0,57	24,58
Fibra em detergente neutro (%MS)	23,54	34,75	72,55	63,78
FDNcp (%MS)	21,19	31,27	60,94	57,40

Cinco suplementos foram avaliados: suplementação mineral (controle, acesso *ad libitum*) e suplementação isoproteica com dois níveis de energia (com oferta de 1,5 e 3,0 kg de suplemento por animal dia⁻¹) e com duas degradabilidade de proteína no rúmen (48,8 e 72,5% de PNDR) (Tabela 2).

Tabela 2 – Efeito dos suplementos sobre o consumo voluntário de tourinhos Nelore.

Item	Suplemento concentrado					Forragem
	MM ³	1,5 kg		3,0 kg		
		Alto ¹	Baixo ²	Alto ¹	Baixo ²	
MM	100	6,00	6,00	3,00	3,00	--
Ureia	--	0	3,00	0	3,00	--
F. de Soja	--	0	25,00	0	24,20	--
Milho	--	25,00	66,00	29,00	69,80	--
DDGs ⁴	--	69,00	0	68,00	0	--
Composição Química (g/kg MS)						
MS ⁵	--	928,96	921,41	926,13	918,68	449,6
MO ⁶	--	922,37	885,87	951,83	915,69	925,8
PB ⁷	--	226,86	256,19	226,89	255,14	11,1
EE ⁸	--	55,09	29,86	55,71	30,95	10,9
CNF ⁹	--	168,12	462,83	194,01	486,41	256,73
FDNcp ¹⁰	--	479,09	218,92	476,17	224,17	574,0
NIDIN ¹¹	--	20,51	20,17	20,72	20,32	11,1
FDNi ¹²	--	56,55	36,94	57,34	38,06	243,8

1- 72,5% de PNDR, 2 - 48,8% de PNDR, 3- Mistura Mineral, 4- DDGs (grãos secos destilados com solúveis), 5- Matéria Seca, 6- Matéria Orgânica, 7- Proteína Bruta, 8- Extrato Etéreo, 9- Carboidratos não Fibrosos, 10- Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, 11- Nitrogênio insolúvel em detergente neutro e 12- FDN indigestível.

Procedimentos experimentais e amostragem

Para avaliação dos parâmetros nutricionais os animais foram mantidos individualmente em seu piquete durante 15 dias, sendo os 7 primeiros dias para a adaptação do suplemento e 8 dias para colheita das amostras; ao final do período, os animais recebiam a próxima dieta experimental e trocavam de piquete. Na avaliação do efeito das dietas sobre o desempenho dos animais, foram utilizados 15 piquetes onde os animais permaneciam em dupla e sendo trocados de piquetes a cada 14 dias, para reduzir os possíveis efeitos dos piquetes sobre os tratamentos, sendo que a dieta acompanhou os animais.

O fornecimento dos suplementos era feito diariamente as 10h:00, já o sal mineral era fornecido *ad-libitum*, ambos em cochos cobertos. Para os animais que recebiam a dieta de baixa energia, foi fornecido a quantia de 1.5 kg de suplemento e para os que receberam dieta de alta energia foi fornecido 3.0 kg de suplemento.

No início do experimento e a cada 15 dias, foram realizadas colheita de pastagem para determinar a matéria seca (MS) total e a MS potencialmente digestível (MSpd). A área a ser amostrada foi delimitada com um quadrado de ferro (0,5 x 0,5 m) em quatro locais aleatórios em cada piquete experimental. As amostras de forragem foram cortadas com tesoura ao nível do solo, sendo que alíquotas de cada amostra coletada formaram amostras compostas preparadas para cada piquete. A amostragem para avaliação qualitativa da pastagem consumida pelos animais foi obtida por amostragem manual (Johnson 1978).

A excreção fecal de MS foi estimada utilizando o dióxido de titânio como marcador externo. O marcador (10 g / dia) foi introduzido com o auxílio de um aplicador através do esôfago de cada animal às 10h00 por nove dias consecutivos. Os primeiros seis dias foram utilizados para a adaptação ao marcador e, em seguida, os últimos três dias foram utilizados para coleta fecal (retirada do reto) às 16:00, 14:00 e 8:00 h. As amostras fecais foram secas em estufa (55 ° C por 72 h) e processadas em moinho de faca (1 e 2 mm). Amostras compostas foram produzidas para cada animal e período experimental.

No 14º dia de cada período experimental, amostras de urina foram obtidas quatro horas após a suplementação matinal. As amostras foram filtradas em gaze e uma alíquota de 10 ml foi separada, diluída com 40 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄ 0,0036N) e congelada (-20 ° C) para posterior quantificação dos níveis de creatinina e ureia.

Concomitantemente às amostras de urina, foi coletado sangue pela artéria caudal de cada tourinho utilizando tubos de ensaio contendo gel separador e um acelerador de

coagulação (BD Vacutainer SST II Advance, São Paulo, SP, Brasil). As amostras foram centrifugadas (2700 g por 20 min) para obtenção do soro congelado (-20°C) para avaliação da ureia. Para avaliar pH ruminal, amostras de líquido ruminal foram coletadas no 9º dia de cada período experimental antes (06h00) e após a suplementação matinal (10h00). As amostras foram coletadas por sonda esofágica a partir da interface líquido-sólido da manta ruminal e filtradas através de uma tríplice camada de gaze.

Análises químicas

Amostras coletadas de forragem, fezes e ingredientes usados para produzir o suplemento foram secas em estufa de circulação forçada a 55°C até que peso da amostra se estabilizou e moídas com moinho com peneiras de 1 e 2 mm, sendo posteriormente analisadas segundo procedimentos analíticos da AOAC (1990) para: MS (método 934.01), matéria orgânica (MO), calculada a partir teor de cinzas (método 924.05), PB (obtido pela determinação de N total utilizando a técnica micro-Kjeldahl e uma conversão fixa de 6,25; método 920.87) e EE (determinado gravimetricamente após extração com éter de petróleo em um instrumento Soxhlet; método 920.85).

As amostras fecais foram avaliadas quanto ao teor de dióxido de titânio de acordo com a técnica colorimétrica descrita por Titgemeyer et al. (2001). A determinação da fibra em detergente neutro corrigida para análise de cinzas e proteína (FDN_{cp}) seguiu os procedimentos descritos por Mertens (2002). As amostras foram tratadas com α -amilase termoestável, omitindo o sulfito de sódio e corrigindo as cinzas e proteínas residuais (Licitra et al. 1996). A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi quantificada por procedimentos de incubação *in situ* com sacos Ankom (F57) por 288 h em amostras processadas a 2 mm. A MS_{pd} foi estimada segundo equação proposta por Paulino et al. (2008):

$$\text{MS}_{pd} = 0,98 \times (100 - \text{FDN}_{cp}) + (\text{FDN} - \text{FDNi})$$

Onde: 0,98 = coeficiente de digestibilidade verdadeira do conteúdo celular.

Para estimar o consumo voluntário total de MS (kg / dia), o FDNi (marcador interno) foi utilizado na seguinte equação:

$$\text{CMS} = \left[\frac{[(\text{EF} \times \text{CIF}) - \text{IS}]}{\text{CIFO}} \times 1000 \right] + \text{CMSS}$$

Onde: EF= excreção fecal (g MS/dia);CIF= concentração interna de marcadores nas fezes (g/g);IS=FDNi ingerido a partir do suplemento (g/dia);CIFO=FDNi presente na forragem (g/g);CMSS= ingestão de suplemento MS (kg/dia).

Após descongelamento, as amostras de urina foram compostas por animal e período experimental e analisadas quanto à concentração de creatinina com o kit de determinação da Creatinina pelo teste colorimétrico Bioclin® K016-1, conteúdo total de N (AOAC 1990;método 920.87) e alantóina e ácido úrico (Chen & Gomes 1992). O volume urinário total foi estimado usando a razão de excreção de creatinina por unidade de PC para sua concentração na urina (Chizzotti et al. 2006).

Delineamento experimental e análises estatística

Para avaliação do consumo, digestibilidade e fisiologia usaram-se cinco animais em delineamento quadrado latino (5x5), sendo cada animal dentro de cada período uma unidade experimental. Para as análises de ganho de peso foram utilizadas 30 animais distribuídos segundo o delineamento inteiramente casualizado sendo cada animal uma unidade experimental e o peso inicial dos animais foi utilizado como co-variável e demonstrou não ter afetado o valor final (P=0,16).

As comparações entre as médias dos tratamentos foram realizadas por decomposição ortogonal da soma dos quadrados por intermédio dos seguintes contrastes ortogonais:

Contraste (C1): Suplementação mineral vs suplementação proteico-energética;

Contraste (C2): Alta PNDR baixa energia vs baixa PNDR baixa energia;

Contraste (C3): Alta PNDR Alta energia vs baixa PNDR Alta energia;

Contraste (C4): Baixa energia vs alta energia.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados adotando 0,10 como o nível crítico de probabilidade para o erro tipo I e o procedimento MIXED do Statistical Analysis System versão 9.4 (SAS Institute, Inc.).

RESULTADOS

O consumo dos suplementos em kg de MS foi de 1,393 e 1,337 para os tratamentos 2 e 3, e de 2,778 e 2,666 para os tratamentos 4 e 5, respectivamente.

A massa média de forragem obtida do início ao final do experimento foi de 6,3 t MS/ha e 4,7 t de MS potencialmente digestível (MSpd).

O fornecimento da suplementação concentrada em comparação com o fornecimento de mistura mineral não influenciou ($P=0,94$) o consumo em kg/dia de MS total dos animais, mas reduziu ($P<0,10$) o consumo de MS em kg/dia de forragem (C1), a quantidade de suplemento ofertado também influenciou ($P<0,10$) no consumo de forragem, sendo uma redução de 32,85% e de 60,50% respectivamente para os tratamentos de baixa e alta energia. O aumento nos teores de PNDR não influenciaram no consumo de forragem (C3) e (C4).

No entanto, o fornecimento de suplementação concentrada elevou o consumo de PB ($P<0,01$), carboidratos não fibrosos (CNF) ($P<0,01$), extrato etéreo (EE) ($P<0,01$) e MO digerida (MOD) ($P=0,01$), assim como o consumo de MS total ($P=0,02$), MO total ($P=0,01$) e MO de pasto ($P<0,04$) em g/kg de peso corporal em relação ao fornecimento de suplementação mineral. (Tabela 3).

O suplemento contendo alta PNDR e baixa energia (C2) proporcionou uma redução ($P<0,01$) no consumo de CNF e elevou ($P<0,01$) o consumo de EE em comparação ao suplemento de baixa PNDR e baixa energia. Entre os suplementos de alta energia (C3), o suplemento com maior teor de PNDR proporcionou redução ($P<0,01$) no consumo de CNF e aumentou os consumos de FDN e EE em kg/dia e FDNcp em g/kg de peso corporal comparados com o suplemento com menor teor de PNDR. Os suplementos com alta energia (C4) elevaram ($P=0,03$) o consumo de PB, CNF, EE e MOD em kg/dia, assim como o consumo de MS total em g/kg de PC em comparação aos suplementos de baixa energia. Os suplementos concentrados não influenciaram ($P>0,10$) no consumo de MO em g/kg de PC (Tabela 3).

Tabela 3 – Efeito dos suplementos sobre o consumo voluntário de tourinhos Nelore.

Item	Suplemento concentrado					EPM	P -value			
	MM	1,5 kg		3,0 kg			C1	C2	C3	C4
		Alto ¹	Baixo ²	Alto ¹	Baixo ²					
	kg/dia									
CMS ³	4,14	4,10	4,19	4,19	4,18	0,343	0,94	0,86	0,98	0,92
CMS pasto	4,14	2,71	2,85	1,76	1,51	0,384	<,01	0,75	0,59	<,01
CPB ⁴	0,39	0,55	0,62	0,82	0,82	0,051	<,01	0,29	1,00	<,01
CCNF ⁵	1,06	1,11	1,52	1,52	2,03	0,078	0,01	0,01	0,01	<,01
CFDN ⁶	2,60	2,95	2,54	3,64	2,49	0,833	0,14	0,25	<,01	0,72
CEE ⁷	0,07	0,11	0,07	0,18	0,10	0,008	<,01	<,01	<,01	<,01
CMOD ⁸	2,24	2,50	2,59	3,14	2,93	0,166	0,01	0,71	0,39	0,01
	g/kg peso corporal									
MS total	18,09	20,83	21,85	26,88	24,69	1,761	0,02	0,69	0,39	0,03
MO	16,27	16,45	17,16	19,10	17,24	1,242	0,40	0,69	0,31	0,29
MO pasto	16,27	10,61	11,63	6,86	6,26	1,160	<,01	0,53	0,71	<,01
FDNcp ³	11,37	10,77	9,35	12,23	7,28	0,833	0,14	0,25	<,01	0,72

1- 72,5% de PNDR, 2 - 48,8% de PNDR e 3 - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, 4 - Proteína bruta, 5 - Carboidrato não fibroso, 6 - Fibra em detergente neutro, 7 - Extrato etéreo, 8 - matéria orgânica digerida. C1 - Efeito da Suplementação mineral sobre a suplementação proteico-energética; C2; Alta PNDR baixa energia vs baixa PNDR baixa energia; C3; Alta PNDR Alta energia vs baixa PNDR Alta energia e C4; Baixa energia vs alta energia.

Em comparação à suplementação mineral (C1), o fornecimento da suplementação concentrada elevou (P=0,08) o coeficiente de digestibilidade da MS total, MO, PB, FDNcp, CMOD, CNF e EE (Tabela 4).

Entre os suplementos de baixa energia (C2), o maior teor de PNDR influenciou de forma positiva (P=0,06) no coeficiente de digestibilidade do EE. Da mesma maneira, na comparação entre os suplementos de alta energia (C3), o maior teor de PNDR também influenciou de forma positiva (P=0,08) no coeficiente de digestibilidade do EE. No entanto, o maior teor de PNDR reduziu (P=0,05) o coeficiente de digestibilidade dos CNF entre os suplementos de alta energia (Tabela 4).

Dentre os suplementos concentrados ofertados (C4), os de alta energia foram os que apresentaram os maiores valores para os coeficientes de digestibilidade da MO (P=0,04), PB (P=0,01), FDNcp (P=0,05) e concentração dietética de matéria orgânica digerida (DOM) (P=0,09) (Tabela 4).

Tabela 4 – Efeito dos suplementos sobre os coeficientes de digestibilidade total (g/kg) e teor de matéria orgânica digerida (DOM - g/kg de MS) de bovinos Nelore em pastejo.

Item	Suplemento concentrado					EPM	P -value			
	MM	1,5 kg		3,0 kg			C1	C2	C3	C4
		Alto ¹	Baixo ²	Alto ¹	Baixo ²					
	kg/dia									
MS Total	553	635	618	607	665	3,335	0,05	0,71	0,23	0,78
MO	578	657	640	671	679	2,308	<,01	0,56	0,80	0,23
PB	442	619	636	698	7397	2,532	<,01	0,63	0,25	<,01
FDNcp ³	581	670	647	715	699	1,981	<,01	0,44	0,58	0,03
DOM ⁴	539	669	651	695	701	20,126	<,01	0,54	0,82	0,09
CNF	613	638	684	598	737	3,113	0,09	0,22	<,01	0,79
EE ⁵	132	551	313	620	383	7,053	0,01	0,03	0,03	0,33

1- 72,5% de PNDR, 2 - 48,8% de PNDR, 3 - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, 4 - concentração dietética de matéria orgânica digerida 5 – Extrato etéreo. C1 – Efeito da suplementação mineral sobre a suplementação proteico-energética; C2; Alta PNDR baixa energia vs baixa PNDR baixa energia; C3; Alta PNDR Alta energia vs baixa PNDR Alta energia e C4; Baixa energia vs alta energia.

O fornecimento de suplemento concentrado aos animais (C1) elevou a ingestão de nitrogênio (N) ($P < 0,10$) em comparação aos animais que receberam apenas mistura mineral. Dentre os tratamentos com suplementação (C4), os animais que receberam maior quantidade de suplemento concentrado apresentaram ($P < 0,10$) os maiores valores de ingestão de N, no entanto, os níveis de PNDR dos suplementos não influenciaram ($P > 0,10$) na ingestão de nitrogênio (C2 e C3) (Tabela 5).

Com relação à excreção de N fecal, não foi observada diferença ($P > 0,10$) entre os animais que receberam suplementação concentrada aos que receberam apenas mistura mineral (C1). No entanto, entre o grupo dos animais que receberam maior quantidade de suplemento, foi observado que os animais que receberam suplemento contendo maior quantidade de PNDR apresentaram maior perda ($P = 0,04$) de N fecal (C3).

Assim, como foi observado na ingestão de N, o fornecimento dos suplementos concentrados elevou ($P = 0,06$) a excreção de N na urina (C1). Além disso, os suplementos com maior energia apresentaram os maiores valores ($P = 0,01$) de excreção de N urinário (C4). Os níveis de PNDR dos suplementos não influenciaram na excreção de N via urina (C2 e C3).

Tabela 5 – Efeito dos suplementos sobre a ingestão e excreção de nitrogênio (N), balanço de N, pH ruminal e ureia sanguínea de novilhos Nelore em pastejo.

Item	Suplemento concentrado					EPM	P -value			
	MM	1,5 kg		3,0 kg			C1	C2	C3	C4
		Alto ¹	Baixo ²	Alto ¹	Baixo ²					
Ingestão de N (g/dia)	62,78	98,03	109,13	152,16	152,56	7,435	<,01	0,27	0,97	<,01
N fecal (g/dia)	34,82	31,07	35,49	42,87	33,52	2,953	0,79	0,31	0,04	0,12
N Urina (g/dia)	16,02	35,89	45,92	67,13	70,87	7,655	0,06	0,46	0,74	0,01
N Retido (g/dia)	11,94	21,37	27,28	43,51	49,25	2,882	<,01	0,67	0,19	<,01
pH	6,85	7,03	6,75	6,82	6,82	0,142	0,98	0,24	0,99	0,65
Ureia Plasma (mg/dL)	8,48	8,92	10,30	8,22	10,51	1,313	0,06	0,04	<,01	0,57

1- 72,5% de PNDR, 2 - 48,8% de PNDR, 3 - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, 4 - concentração dietética de matéria orgânica digerida 5 – Extrato etéreo. C1 – Efeito da Suplementação mineral sobre a suplementação proteico-energética; C2; Alta PNDR baixa energia vs baixa PNDR baixa energia; C3; Alta PNDR Alta energia vs baixa PNDR Alta energia e C4; Baixa energia vs alta energia.

O fornecimento de suplementos concentrados elevou os valores ($P < 0,10$) de N retido em comparação com o fornecimento do suplemento mineral (C1) (Tabela 5). Ademais, os suplementados com mais energia apresentaram maiores valores de N retido ($P < 0,01$) em comparação com aqueles que receberam suplementos com menos energia (C4). Não houve interferência dos níveis de PNDR sobre o N retido (C2 e C3). O fornecimento da suplementação concentrada assim como os níveis de PNDR e a quantidade de suplemento ofertado não influenciaram no pH ruminal dos animais.

O valor observado no teor de ureia circulante no plasma sanguíneo dos animais recebendo suplementação mineral foi inferior ($P = 0,06$) à média dos animais com suplementação concentrada (C1) (Tabela 5). A quantidade de suplemento ingerido pelos animais não influenciou ($P > 0,10$) nos níveis de ureia circulante no sangue (C4). Para ambos os níveis de energia fornecidos (C2 e C3), os suplementos com maior teor de PNDR foram os que resultaram em menores valores ($P < 0,10$) de ureia circulante no plasma sanguíneo.

O fornecimento de suplemento concentrado (C1), bem como a maior quantidade de energia fornecida (C4), aumentaram ($P < 0,10$) o ganho médio diário (GMD) dos animais. Os níveis de PNDR contida nos suplementos concentrados não provocou diferença ($P > 0,10$) no desempenho dos animais (C2 e C3) (Tabela 6).

O GMD proporcionado pelo fornecimento dos suplementos concentrados aos animais foram de 0,225 kg para o fornecimento de 1,5 kg e de 0,430 kg para 3,0 kg de suplemento concentrado, a mais que o GMD dos animais recebendo apenas mistura mineral.

Tabela 6 – Efeito do suplemento com diferentes composições de PNDR e quantidade de energia para bovinos de corte Nelore em pastejo.

Item	Suplemento concentrado					EPM	P -value			
	MM	1,5 kg		3,0 kg			C1	C2	C3	C4
		Alto ¹	Baixo ²	Alto ¹	Baixo ²					
PCF	254,00	271,65	275,50	289,85	294,82	5,776	<,01	0,66	0,57	0,03
GMD	0,87	1,08	1,11	1,30	1,36	0,070	<,01	0,81	0,58	0,03

1 = 72,5% de PNDR, 2 = 48,8% de PNDR, 3 = Ganho de peso durante período experimental. C1 – Efeito da Suplementação mineral sobre a suplementação proteico-energética; C2; Alta PNDR baixa energia vs baixa PNDR baixa energia; C3; Alta PNDR Alta energia vs baixa PNDR Alta energia e C4; Baixa energia vs alta energia.

DISCUSSÃO

Neste estudo foi observado que o fornecimento de suplemento concentrado reduziu o consumo voluntário de forragem dos animais. Figueiras et al. (2010) e Sampaio et al. (2010) demonstraram através de estudos conduzidos no Brasil que a inclusão de compostos nitrogenados em suplementos de bovinos alimentados com pastagens tropicais pode aumentar o consumo de pasto até níveis proteicos próximos a 100 g PB/kg MS. A partir desta concentração dietética de PB, as exigências microbianas em termos de compostos nitrogenados seriam atendidas e nenhum estímulo sobre o consumo de matéria seca de pasto seria observado (Detmann et al., 2010). Segundo Obara et al. (1991), em situações em que a suplementação passa a constituir mais de 25% da dieta total, observa-se redução no consumo total de forragem, fenômeno denominado efeito substitutivo. A ocorrência de efeito substitutivo devido à suplementação concentrada para bovinos em pastejo durante o período das águas foi relatada por Detmann et al. (2001) e Costa et al. (2011). Desconsiderando a questão do desempenho animal e considerando FDN oriundo da forragem como fornecedora de energia de baixo custo para bovinos em pastejo (Detmann et al., 2008), onde para cada unidade de FDN na massa de suplemento fornecida, aproximadamente a mesma quantidade de FDN do pasto deixou de ser consumida, não parece ser vantajoso, porém, o efeito substitutivo permitiria elevar a taxa de lotação do sistema.

O período de transição das estações seca para chuvosa é caracterizado pelo forte crescimento da forragem, com maior qualidade devido à quantidade de folhas novas, gerando um excesso de energia em relação à concentração de proteína (Detmann et al., 2010). O fornecimento de mais energia via suplementação poderia acentuar o desequilíbrio dietético levando à ampliação do desconforto metabólico do animal, o qual poderia substituir grande massa de forragem por pequena quantidade de suplemento a fim de equilibrar a relação proteína:energia em seu metabolismo (Figueiras et. al. 2015). Isso poderia justificar a diminuição no consumo de pasto pelos animais.

A suplementação concentrada para bovinos provoca efeitos positivos na digestibilidade dos nutrientes, o que aparentemente é resultado da alta digestibilidade do próprio suplemento. Além disso, mesmo utilizando altos níveis de PNDR, a porção PDR do suplemento, ainda que menor, também pode ter aumentado a degradabilidade ruminal das frações do pasto. Foi observado aumento no consumo de MOD sem alteração na ingestão de FDN em resposta à suplementação, embora as digestibilidades da FDN tenham aumentado pela suplementação. A melhora da digestão ruminal da FDN com a suplementação pode estar atribuída de forma indireta à diminuição da taxa de passagem do FDNcp (Batista et al., 2016).

O fornecimento da suplementação concentrada elevou a ingestão de N, no entanto, não foi observado efeito do aumento da porção de PNDR do suplemento sobre a ingestão de N, o que sugere que a ingestão de N está mais ligada ao teor de N presente no suplemento. Detmann et al. (2014) realizaram meta-análise para avaliar a eficiência da utilização de N em bovinos alimentados com forragem tropical recebendo suplementação de N, e concluíram que há correlação positiva entre a quantidade de suplemento e o teor de PB do suplemento com retenção de N pelo animal. A eficiência da retenção de N apresentou maior correlação com o suprimento de N do que com o conteúdo energético da dieta.

A ideia de usar suplementos com maiores teores de PNDR para bovinos de corte é de diminuir os gastos metabólicos da reciclagem do nitrogênio. O excesso de amônia oriunda da PDR e do N não proteico é absorvido pelo epitélio ruminal, transportado via corrente sanguínea até o fígado, onde é convertida novamente a ureia, que é uma forma menos tóxica ao animal, e retorna via corrente sanguínea e saliva novamente para o rúmen. Esta conversão custa ao animal 12 kcal/g de nitrogênio. A reciclagem de N é uma das funções metabólicas de maior prioridade no animal, pois uma oferta contínua de N para crescimento microbiano no rúmen é uma estratégia para a sobrevivência animal (Egan, 1965; Van Soest, 1994).

O uso da suplementação concentrada para bovinos de corte se dá com o objetivo de melhorar o desempenho animal, ou seja, o aumento da deposição de N proteico no corpo do animal. Isso é possível pelo efeito da melhoria do balanço de N proporcionado pela suplementação. O que resulta em maiores ganhos e melhor eficiência no uso de nutrientes pelos bovinos em sistemas de produção de pastoreio (Figueiras et al. 2015). O N retido é o resultado da ingestão de N e de sua excreção, seja via fezes ou urina. Conforme observado neste trabalho, os tratamentos com os maiores valores de N retido resultaram em maiores ganhos de peso dos animais. Costa et al. (2011) avaliaram bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não-proteico e/ou proteína verdadeira e relataram que há uma alta correlação ($r = 0,950$; $P < 0,10$) entre ingestão de N e N retido. Segundo Guimarães et al. (2015), se a fonte de PNDR é de alta qualidade contendo perfil adequado de aminoácidos, o teor de proteína bruta da dieta pode ser reduzido. Dessa forma, a utilização da proteína metabolizável é otimizada e a excreção de ureia e outros compostos nitrogenados é reduzida, melhorando o desempenho do animal. Contudo, não foi observada influência do teor de PNDR sobre o desempenho dos animais.

Os animais que não receberam suplementação concentrada mostraram a mesma excreção de N fecal dos animais suplementados, o que indica que a menor digestibilidade proteica da forragem pode ter contribuído para um maior fluxo de N excretado nas fezes. Resultados similares obtidos com suplementação de bovinos em pastagens tropicais foram observados por outros autores (Goes et al. 2015; Batista, et al. 2016) que relataram que o incremento de N na dieta pela suplementação não influenciou a excreção fecal de N. No entanto, foi observado que no tratamento alta PNDR alta energia, que continha maior ingestão de PNDR, resultou em uma maior excreção de N fecal.

Por outro lado, a suplementação concentrada elevou as excreções de N pela urina, resultado similar aos relatados por outros autores (Rufino, et al. 2016; Batista et al., 2016; da Silva-Marques, et al. 2018). Da mesma forma, quando em excesso, os níveis de nitrogênio que chegam ao ambiente ruminal não são totalmente aproveitados pela microbiota, resultando em excesso de amônia no sangue, que será transportada ao fígado e convertida em ureia, sendo posteriormente eliminada através da urina (Van Soest, 1994). Os animais que não receberam suplementação concentrada apresentaram os menores valores de excreção urinária de N, pois quando ocorre deficiência na ingestão de N, o animal é capaz de diminuir a excreção urinária de N e aumentar a fração de N que é reciclada para o rúmen como uma tentativa de suprir as deficiências (Harmeyer e Martens, 1980).

O efeito da suplementação concentrada no aumento do consumo de PB e MOD que elevou a quantidade de N retido refletiu no aumento no ganho de peso dos animais suplementados em comparação aos não suplementados. Trabalhos recentes envolvendo suplementação de bovinos mantidos a pasto na transição da estação seca para a chuvosa também observaram melhora no desempenho dos animais suplementados (Pesqueira-Silva et al. 2015; Figueiras et al. 2015)

De maneira geral, os teores de PNDR nos suplementos não influenciaram no consumo de MS, MS de pasto e MOD. As alterações no consumo de CNF, FDN e EE, estão mais relacionadas com a composição dos ingredientes do suplemento (DDG) do que com o teor de PNDR. Silva et al. (2017), trabalhando com quantidades crescentes de proteína não degradável no rúmen, (38, 44, 51, e 57% de PNDR na PB) não observaram efeito sobre os consumos de MS, MO, PB, FDN e MOD.

Os suplementos com maiores teores de PNDR resultaram em menores valores de ureia no plasma. As proteínas degradáveis no rúmen, assim como o N não proteico, são rapidamente convertidos em amônia no rúmen. Por sua vez, a amônia é transportada ao fígado onde é novamente convertida em ureia, retornando ao rúmen via circulação e salivação do animal (Van Soest, 1994). Isso explica os maiores teores de ureia no plasma nos animais suplementados com baixa PNDR.

O objetivo de usar suplementos com elevados teores de PNDR é evitar essa perda metabólica e melhorar o desempenho dos animais. O excesso de amônia gerado pelo N não proteico e proteínas degradadas no rumem são convertidos em ureia no fígado por uma via metabólica conhecida como ciclo da ureia (Nolan, 1993). Para a formação de uma molécula de ureia, são necessárias três moléculas de ATP. No entanto, neste ciclo, há formação de uma molécula de fumarato, que pode ser incorporada ao ciclo do ácido cítrico e gerar duas moléculas de ATP. Sendo assim, a reciclagem da amônia tem um custo energético de um ATP por molécula de ureia formada (Brody, 1994). Foi observado que os tratamentos com suplementos com menores teores de PNDR, apresentaram maiores valores de N no plasma sanguíneo, o que demonstra que está ocorrendo uma maior reciclagem de N. No entanto, não foi observada diferença no ganho de peso dos animais entre os níveis de PNDR dos suplementos. Resultados semelhantes foram observados por diversos autores, que avaliaram incrementos nas concentrações de PNDR na dieta de bovinos em pastagem e também não observaram influência do nível dessa fração proteica sobre o ganho de peso dos animais (Ribeiro et al. 2005, Silvia 2017 e Hoffmann 2019)

Hafley et al. (1993), trabalhando com bovinos em pasto suplementados com fontes proteicas de diferentes degradabilidades ruminais, observaram aumento no ganho de peso dos animais suplementados com fontes proteicas degradáveis no rúmen em relação ao tratamento controle, sem suplementação. No entanto, ao acrescentarem ao suplemento fontes proteicas não degradáveis no rúmen, não notaram efeito sobre o desempenho animal em comparação ao fornecimento exclusivo de proteína degradável. Porém, ao fornecer suplementos somente de fontes proteicas não-degradáveis, observaram que o ganho de peso diminuiu em relação aos suplementos contendo proteínas degradáveis no rumem.

Segundo Pina et al. (2009), o uso de fontes de PNDR em dietas com altos níveis de concentrado diminuiria o desempenho animal quando comparado à suplementação com fonte de PDR, devido à redução do nitrogênio amoniacal no rúmen, o que comprometeria a síntese microbiana.

CONCLUSÃO

De fato o fornecimento da suplementação concentrada melhora o desempenho dos animais em pastejo. O uso de uma suplementação com elevada proporção de PNDR não influencia no desempenho dos animais, podendo ser utilizada dependendo de sua viabilidade econômica.

É importante promover uma sincronia entre energia e proteína na dieta de bovinos mantidos a pasto, pois foi visto que os níveis de ureia circulantes no sangue de animais com uma elevada oferta de PDR se elevam.

REFERÊNCIAS

AOAC (1990) “Official methods of analysis of the AOAC”, 15th ed. (Association of official analytical chemists:Arlington, VA).

Batista ED, Detmann E, Titgemeyer EC, Valadares Filho SC, Valadares RFD, Prates LL, Rennó LN, Paulino MF (2016). Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nellore cattle fed low-quality tropical forage. *Journal of Animal Science* **94**, 201-216.

Brody T (1994) “Nutritional biochemistry” (Academic Press:San Diego)

Carpenter KJ (2003) A short history of nutritional science: part 1 (1785–1885). *Journal of Nutrition* **133**, 638-645

Casali AO, Detmann E, Valadares Filho SC, Pereira JC, Henriques LT, Freitas SG, Paulino MF (2008) Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. *Revista Brasileira de Zootecnia* **37**, 335-342.

Chen XB, Gomes MJ (1992) Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- an overview of technical details. In 'International Feed Research Unit.' p.21 (Rowett Research Institute:Aberdeen, UK)

Chizzotti ML, Valadares Filho SC, Valadares RFD, Chizzotti FHM, Campos JMS, Marcondes MI (2006) Consumo, digestibilidade e excreção de ureia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. *Revista brasileira de zootecnia*. **35**, 1813-1821.

Costa VAC, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Carvalho IPC, Monteiro IPC (2011) Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período das águas sob suplementação com fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos. *Revista Brasileira de Zootecnia* **40**, 1788-1798.

Detmann E, Paulino MF, Zervoudakis JT, Valadares Filho SC, Lana RP, Queiroz DS (2001). Suplementação de Novilhos Mestiços durante a Época das Águas: Parâmetros Ingestivos e Digestivos. *Revista Brasileira de Zootecnia* **30**.

Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC (2008). Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: 'Simpósio De Produção De Gado De Corte'. 21-526. (DZO-UFV: Viçosa, MG).

Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC (2010). Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: 'Simpósio De Produção De Gado De Corte'. 191-240. (DZO-UFV: Viçosa, MG).

Detmann E, Valente EEL, Batista ED, Huhtanen P (2014). An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science* **162**, 141-153.

Egan AR (1965). Nutritional status and intake regulation in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. **16**, 451-462.

Figueiras JF, Detmann E, Valadares Filho S, Paulino M, Batista E, Rufino LA, Valente TP, Reis WS, Franco MO (2015) Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período de transição seca-águas recebendo suplementação proteica. *Archivos de Zootecnia*. **64**, 269-276.

Figueiras JF, Detmann E, Paulino MF, Valente TNP, Valadares Filho SC, Lazzarini I (2010) Intake and digestibility in cattle under grazing. *Revista Brasileira de Zootecnia*. **39**, 1303-1312.

Goes RHTB, Gandra JR, Marquez AF, Oliveira ER, Fernandes HJ, Cardoso TJ DE L, Brabes KC DA S, Yoshihara MM (2015) Metabolismo nitrogenado em bovinos suplementados a pasto durante a transição águas seca. *Archivos de Zootecnia*. **64**, 281-290.

Guimarães TP, Peron HJMC, Silva DB, Moreira KKG, Neves Neto JT, Silva BMN, Santos FC (2015) Exigências proteicas para bovinos de corte *Multi-Science Journal*. **1**, 90-99

Hafley JL, Anderson BE, Klopfenstein TJ (1993) Supplementation of growing cattle grazing warm-season grass with proteins of various ruminaldegradabilities. *Journal of Animal Science*. **71**, 522-529.

- Hall MB (2000) "Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates Nutritional Relevance And Analysis". (Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Bulletin).
- Hall MB, Huntington GB (2008) Nutrient synchrony: sound in theory, elusive in practice. *Journal of Animal Science* **86**, 287-292.
- Harmeyer J, Martens H (1980) Aspects of urea metabolism with reference to the goat. *Journal of Dairy Science* **63**, 1707-1728.
- Hoffmann A (2019) 'Eficiência da substituição do farelo de algodão por ddgs na produção de bovinos de corte.' Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV).
- Johnson AD (1978) Sample preparation and chemical analysis of vegetation. In: 'Measurement of grassland vegetation and animal production.' (Ed. L T'Mannetje) pp. 96-102. (Aberystwyth: Commonwealth Agricultural Bureaux)
- Licitra G, Hernandez TM, Van Soest PJ (1996) Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* **57**, 347-358.
- Mertens DR (2002) Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International* **85**, 1217-1240
- National Research Council - NRC (1985) Nutrient requirements of sheep. (National Academy Press: Washington DC)
- Nolan JV (1993) Nitrogen kinetics In: 'Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.' (Eds FM Forbes, F France) pp. 123-145 (CAB International: Wallingford)
- Obara Y, Dellow DW, Nolan JV (1991) The influence of energy-rich supplements on nitrogen kinetics in ruminants. In: 'Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants.' (Eds T Tsuda, Y Sasaki, R. Kawashima) pp. 515-539 (Academic Press: New York)
- Paulino MF, Detmann, E, Valente EEL (2008) Nutrição de bovinos em pastejo. In: 'Simpósio Sobre Manejo Estratégico Da Pastagem.' 131-169 (DZO-UFV: Viçosa, MG)
- Pesqueira-Silva LCR, Zervoudakis JT, Cabral LS, Hatamoto Zervoudakis LK, Silva-Marques LP, Koscheck JFW, Oliveira AA (2015) Desempenho produtivo e econômico de novilhas Nelore suplementadas no período de transição seca-águas. *Semina: Ciências Agrárias. Londrina* **36**, 2235-2246
- Pina DS, Valadares Filho SC, TEDESCHI LO, Barbosa AM, Valadares RF (2009) Influence of Different Levels of Concentrate and Ruminally Undegraded Protein on the Digestive Parameters in Beef Heifers. *Journal of Animal Science* **67**, 1058-1067
- Ribeiro MD, Pereira JC, Vieira RAM, Pacheco BM, Leonel FP (2005) Consumo e desempenho de novilhas em pastagem recebendo suplementos com diferentes níveis de proteína não-degradável no rúmen. *Revista Brasileira de Zootecnia* **34** 2486-2495
- Rufino LMA, Detmann E, Gomes DI, Reis WLS, Batista ED, Valadares Filho SC, Paulino MF (2016) Intake, digestibility and nitrogen utilization in cattle fed tropical forage and supplemented with protein in the rumen, abomasum, or both. *Journal of animal science and biotechnology* **1**, 1-10
- Sampaio CB, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Souza MA, Lazzarini I, Paulino PVR, Queiroz AC (2010) Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and

supplemented with nitrogenous compounds. *Tropical Animal Health and Production*, **42**, 1471-1479

SAS software (2002) Statistical Analysis System user's guide. Version 9.0. Statistical Analysis System Institute. p.513 (SAS Institute Inc: Cary NC)

Silva SR (2017) “Níveis de suplementos com diferentes concentrações de proteína degradável no rúmen para bovinos de corte me pastejo.” Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil.

Silva-Marques RP, Zervoudakis JT, Nakazato L, Cabral LS, Hatamoto-Zervoudakis LK, Silva MIL, Matos NBN, Pitchenin LC (2018) Quantitative qPCR Analysis of Ruminal Microorganisms in Beef Cattle Grazing in Pastures in the Rainy Season and Supplemented with Different Protein Levels. *Current Microbiology*, **75**, 1-8

Valadares RFD, Broderick GA, Valadares Filho SC, Clayton MK (1999) Effect of replacing alfalfa with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science*, **8**, 2686-2696

Van Soest PJ (1994) Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. (Cornell University Press:Ithaca NY)