



TAMYRES RODRIGUES DE AMORIM

**DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA E
EXIGÊNCIA DE PROTEÍNA PARA MANUTENÇÃO
EM TOURINHOS RED NORTE**

LAVRAS - MG

2013

TAMYRES RODRIGUES DE AMORIM

**DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA E EXIGÊNCIA DE PROTEÍNA
PARA MANTENÇA EM TOURINHOS RED NORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Márcio Machado Ladeira

LAVRAS - MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Amorim, Tamyres Rodrigues de.

Digestibilidade verdadeira e exigência de proteína para
manutenção em tourinhos Red Norte / Tamyres Rodrigues de Amorim.
– Lavras : UFLA, 2013.

68 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Márcio Machado Ladeira.

Bibliografia.

1. Bovinos de corte. 2. Proteína bruta. 3. Nitrogênio. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.213

TAMYRES RODRIGUES DE AMORIM

**DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA E EXIGÊNCIA DE PROTEÍNA
PARA MANTENÇA EM TOURINHOS RED NORTE**

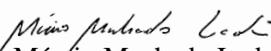
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 07 de fevereiro de 2013.

Dr. Mário Luiz Chizzotti UFLA/DZO

Dr. Daniel Rume Casagrande UFLA/DZO

Dr. Eriton Egídio Lisboa Valente UFLA


Dr. Márcio Machado Ladeira
Orientador

LAVRAS - MG

2013

Aos meus pais Dionízio e Zenilda , aos meus irmãos, a minha sobrinha e amigos

A todos que torceram por mim

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por tudo que têm me concedido até hoje, sou e serei sempre grata;

Ao meu pai, Dionízio e minha mãe Zenilda, pelo apoio incondicional e que sem eles nada disso estaria acontecendo;

Aos meus irmãos Fernando, Iara, Guilherme e Ricardo, pelo carinho e apoio até hoje;

À minha sobrinha, Maria Eduarda, que é linda e sempre esteve com a tia em todos os momentos;

Ao Prof. Dr., Márcio Machado Ladeira, pela orientação, amizade, confiança e ensinamentos repassados;

Ao Prof. Dr., Mário Luiz Chizzotti, pela ajuda indiscutível nas análises e pela amizade, ensinamentos repassados;

Ao Prof. Dr., Daniel Rume Casagrande, pelos ensinamentos e ajuda.

Ao Dr., Eriton, obrigada, pela imensa ajuda na estatística e ensinamentos repassados e amizade;

À minha orientadora de estágio, Dra. Adriana Maria Descalzo, do INTA- Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária em Buenos Aires por mostrar-me que a grandeza de uma pessoa se mede pelo esforço e dedicação. Obrigada pela orientação e dedicação como mãe, durante o meu período de estágio no exterior!

Aos meus colegas do INTA- Luciana, Carol, Sergío, Gabi, Fernanda, Vírgi, Fernando, Luli e a todos que direta ou indiretamente me ajudaram a superar a distância da família, aos inconvenientes passados e a grande amizade cultivada durante este período que vai perdurar por muito tempo;

Aos amigos, Fati, Nelson, Carla que vão estar em meu coração;

Às minhas amigas de Pitangueiras, Isabella, Laís, Angela, Natália, Isis, que fazem parte da minha história, obrigada pelo apoio, iniciativa e vibração em todos os momentos;

Às minhas amigas de graduação que mantemos sempre contato;

Às minhas amigas de Lavras: Naiara, Karina e Naína, além de me acompanharem neste crescimento profissional, estão sempre do meu lado em todos os momentos e apertos da vida;

As minhas amigas de laboratório, Andressa e Leslie, agradeço pela ajuda e a paciência de me aturarem no laboratório e pela amizade;

Agradeço ao Brigadeiro e Dalton, pela ajuda na condução do projeto e pela amizade;

Aos integrantes do Nepec, agradeço pelo aprendizado tanto profissionalmente como pessoalmente;

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso;

A CAPES, pelo financiamento do projeto que gerou esta dissertação e pela concessão da bolsa de estudo;

Enfim, a todos que de alguma forma me auxiliaram no meu crescimento profissional e pessoal.

“A grandeza de uma pessoa não se mede pelo espaço que ocupa no nosso coração, mas sim pelo vazio que deixa quando está distante. E a sua importância não se constata apenas quando estamos com ela, mas também quando sentimos a sua falta.”

FILIPPE MAGALHI

BIOGRAFIA

TAMYRES RODRIGUES DE AMORIM, filha de Dionízio Rodrigues de Amorim e Zenilda Fuzetto, nasceu em Pitangueiras, São Paulo, em 12 de julho de 1987. Iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” Campos de Ilha Solteira em agosto de 2006, concluindo-o em fevereiro de 2011. Durante a graduação iniciou suas atividades de pesquisa como bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Em março de 2011 iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), em nível de mestrado, na área de produção e nutrição de ruminantes. De Maio a Outubro de 2012 realizou-se uma especialização em forma de estágio no INTA- Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária em Buenos Aires- Argentina, em análise de qualidade de carne e Vitamina e por fim, submetendo-se à defesa em fevereiro de 2013.

RESUMO

Objetivou-se avaliar a exigência de proteína metabolizável para manutenção de tourinhos Red Norte, a influência dos teores de proteína bruta (PB) sobre o consumo e a digestibilidade e balanço de nitrogênio dos nutrientes. Foram utilizados 35 animais com peso vivo médio de 280 ± 4 kg. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e sete repetições, com diferentes níveis de PB dietética (9, 11, 13, 15 e 17% da MS). O período experimental teve duração de 15 dias com coletas nos últimos 5 dias. A relação volumoso: concentrado foi de 60:40, fornecida *ad libitum* e continha a silagem de milho como volumoso e concentrado à base de milho e farelo de soja. Foi realizada coleta total de fezes e urina, bem como mensurado o consumo individual de matéria seca nos últimos oito dias do período experimental. As amostras compostas de fezes e alimentos foram submetidas às análises química-bromatológicas. O nitrogênio metabólico fecal foi estimado por regressão da PB aparentemente digestível no consumo de PB (g/dia), as perdas endógenas urinárias por regressão da excreção urinária de N na ingestão de N ($\text{g/kg}^{0,75}$), as perdas endógenas totais por regressão do balanço de N na ingestão de N ($\text{g/kg}^{0,75}$), a eficiência de utilização da proteína líquida para manutenção (PLm) pelo coeficiente de inclinação (K) da regressão do N absorvido (N ingerido menos N fecal) na ingestão de N e a exigência de proteína metabolizável pela divisão de PLm pelo K. As perdas metabólicas fecais foram utilizadas para obtenção da digestibilidade verdadeira. As determinações foram obtidas utilizando o procedimento REG do SAS (9.1). O consumo em kg/animal/dia de PB, carboidrato não fibroso (CNF) e NDT foram influenciados pelos crescentes teores de PB ($P < 0,05$), bem como o extrato etéreo (EE), PB e CNF para consumo em % do peso corporal. A digestibilidade da MS, matéria orgânica (MO), CNF, PB, NDT foi influenciada pelos crescentes teores de PB ($P < 0,05$). A fração metabólica fecal de PB foi de 244,72 g de PB/dia. A digestibilidade verdadeira da PB não foi influenciada pelos teores de PB ($P > 0,93$). O consumo de nitrogênio, a excreção de nitrogênio urinário e o balanço de nitrogênio tiveram aumento linear ($P < 0,05$) para os crescentes teores de PB. A PLm foi de $3,0 \text{ g PB/PC}^{0,75}$. O K foi de 0,673 e, portanto, o teor de PM para manutenção foi de $4,46 \text{ g PB/PC}^{0,75}$. Conclui-se que a elevação no teor de PB na dieta, pela substituição de milho por farelo de soja influenciou positivamente a digestibilidade aparente da MS e da PB. Entretanto, ao corrigir a excreção fecal para as perdas metabólicas fecais de N, a digestibilidade verdadeira da PB foi similar entre os tratamentos.

Palavra chave: Bovino de corte. Proteína bruta. Nitrogênio.

ABSTRACT

The objectives were to evaluate the metabolizable protein requirement of Red Norte young bulls, the influence of crude protein (CP) levels on intake. There were used 35 animals with an average live weight of 280 ± 4 kg. The design used was entirely randomized with five treatments and seven repetitions with different levels of CP diet (9, 11, 13, 15 and 17%) replacing corn with soybean meal. The experimental period lasted 15 days with collections over the past 5 days. The forage: concentrate ratio of 60:40, provided *ad libitum*, contained corn silage and concentrate based on corn and soybean meal was held total collection of feces and urine, as well as the measurement of dry matter intake, the digestibility of nutrients, nitrogen balance and metabolizable protein. The composite samples of food and feces were subjected to chemical analyzes. The metabolic fecal nitrogen was estimated by the regression of apparent digestible protein on CP intake (g/day), the endogenous urinary losses by regression of urinary excretion of N on N intake ($\text{g/kg}^{0.75}$), the total endogenous losses by regression of N balance on N intake ($\text{g/kg}^{0.75}$), the efficiency of utilization (K) of protein for maintenance (N_{Pm}) by the slope of the regression of absorbed N (N intake minus fecal N) on N intake and metabolizable protein requirement (MP) by dividing N_{Pm} by K. The metabolic fecal losses were used to estimate the true digestibility of CP. Parameters were obtained using the procedure REG of SAS (9.1). The intake in kg/animal/day of CP, non-fibrous carbohydrate (NFC) and TDN were influenced by increasing levels of CP ($P < 0.05$), and the ether extract (EE), and PB, NFC in % of body weight. The apparent digestibility of DM, organic matter (OM), NFC, CP, TDN were affected by the increasing levels of CP ($P < 0.05$). The metabolic fecal CP was of 244.72 g CP/day. The true CP digestibility was not affected by the CP levels ($P > 0.93$). The nitrogen intake, urinary nitrogen and nitrogen balance effect were different ($P < 0.05$) among the increasing levels of CP. The N_{Pm} was 3.0 g CP/BW^{0.75}. The K was 0.673, and thus the requirements of MP for maintenance was 4.46 g CP/BW^{0.75}. We conclude that the increase in CP concentration in the diet, by replacing corn with soybean meal has positively influenced the apparent digestibility of DM and CP. Nonetheless, when the correction for metabolic fraction was applied, the CP true digestibility was similar among CP levels in the diet.

Keywords: Beef cattle. Crude protein. Nitrogen.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 Metabolismo de N em ruminantes..... 22
- Figura 2 Relação entre o nitrogenio retido (NR) e o consumo de nitrogenio (CN), expresso em $(g/kg^{0,75})$ 35
- Figura 3 Relação entre nitrogênio retido e nitrogênio absorvido..... 36

CAPÍTULO 2

- Figura 1 Relação entre o consumo de PB e a massa da PB aparentemente digerida..... 58
- Figura 2 Relação entre nitrogênio retido e o consumo de nitrogênio..... 61
- Figura 3 Relação entre nitrogênio retido e o nitrogênio absorvido..... 62

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Proporção dos ingredientes e composição química, expressos na base da matéria seca (%), em função dos níveis de proteína bruta na dieta	50
Tabela 2	Composição química e bromatológica dos alimentos avaliados, expressa na base da matéria seca (%).....	52
Tabela 3	Consumo de nutrientes em tourinhos Red Norte alimentados com diferentes níveis de proteína bruta na dieta.....	55
Tabela 4	Coeficientes de digestibilidade aparentes totais, digestibilidade verdadeira da proteína bruta e teores de nutrientes digestíveis totais, obtidos de tourinhos Red Norte alimentados com diferentes níveis de proteína bruta.....	57
Tabela 5	Efeito dos níveis de proteína bruta dietética sobre nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio fecal (NF), nitrogênio urinário (NU) e balanço de compostos nitrogenados (BN)	59

LISTA DE ABREVIATURAS

AA	Aminoácidos
AAE	Aminoácidos essenciais
CO ₂	Gás carbônico
CHO	Carboidratos
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
NADP	Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NNP	Nitrogênio não proteico
N-NH ₃	Nitrogênio amoniacal
PB	Proteína bruta
PDR	Proteína degradável no rúmen
PNDR	Proteína não degradável no rúmen
PM	Proteína Metabolizável

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	Introdução Geral	15
1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Metabolismo proteico no trato digestório	18
2.2	Balanço de compostos nitrogenados	25
2.3	Consumo e digestibilidade	28
2.4	Exigência de proteína metabolizável para manutenção	30
	REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO 2	Digestibilidade verdadeira e exigência de proteína para manutenção em tourinhos Red Norte	45
1	INTRODUÇÃO	47
2	MATERIAL E MÉTODOS	49
3	RESULTADO E DISCUSSÃO	54
4	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS	65

CAPÍTULO 1 Introdução geral

1 INTRODUÇÃO GERAL

A partir da década de 90, com o intuito de explorar as diferenças e principalmente a complementariedade entre as raças, intensificou-se a utilização de cruzamentos entre *Bos taurus* e *Bos indicus* para a produção de carne bovina no Brasil. As diferenças entre os grupos genéticos são: rusticidade, velocidade de crescimento, precocidade de acabamento, peso de maturidade, dentre outras, que podem influenciar diretamente a idade ao abate, assim como a qualidade da carcaça.

As raças taurinas continentais são, em sua maioria, detentoras de alta taxa de deposição muscular, porém, no Brasil, a produção de bovinos de corte utilizando-as é limitada em consequência das maiores exigências nutricionais e também devido à menor adaptabilidade aos trópicos. Desse modo, o cruzamento passa a ser uma tecnologia que busca potencializar a utilização de animais de alto desempenho, permitindo a utilização do sangue taurino em regiões tropicais.

No Brasil, várias raças foram formadas a partir de cruzamentos, como as raças Canchim (5/8 Charolês + 3/8 Zebu) e Brangus (5/8 Angus + 3/8 Zebu), tanto para utilização comercial, quanto para o uso em cruzamentos com raças zebuínas. Portanto, de forma semelhante às raças sintéticas, espera-se que a utilização de grupos genéticos compostos possa contribuir para a intensificação da produção de carne bovina no Brasil.

Dentre as ferramentas de cruzamento, a criação de grupos genéticos compostos é uma alternativa crescente no Brasil, com destaque para os grupos Red Norte e Montana. De acordo com Brinks (1996), para a escolha de raças com o objetivo de desenvolver uma população composta, deve-se manter o balanço entre a complementariedade das raças e a heterose.

Desse modo, o grupo genético Red Norte é oriundo do cruzamento envolvendo quatro raças: Red Angus, Nelore, Santa Gertrudis ou Senepol e Caracu. Portanto, em sua composição existe material genético de raça zebuína, britânica e continental. Como o Red Norte é um grupo genético novo no sistema de produção da pecuária de corte brasileira, há necessidade de se conhecer melhor suas exigências nutricionais para a correta formulação de dieta, e consequentemente aumentar a eficiência na produção.

Poucos são os trabalhos na literatura que utilizaram animais Red Norte e estes tiveram como objetivo avaliar o desempenho (MACHADO NETO et al., 2011) e a qualidade de carne (ANDRADE et al., 2010). Lopes et al. (2012) avaliaram as características de qualidade da carcaça do Nelore e Red Norte e obtiveram resultados favoráveis ao grupo composto.

Várias pesquisas foram realizadas com o objetivo de estudar as exigências de proteína metabolizável (PM) para manutenção e seus resultados são utilizados pelos diversos sistemas de exigências nutricionais. O National Research Council - NRC (2000) preconiza o valor de $3,8 \text{ g/PV}^{0,75}/\text{dia}$, obtidos em 11 ensaios com animais mestiços Hereford X Angus entre os anos de 1978 a 1990. O BR Corte (MARCONDES et al., 2010), por sua vez considera o valor de $4 \text{ g de PM/kg}^{0,75}/\text{dia}$ para animais Nelore. Já o Institut National de la Recherche Agronomique - INRA (1988) destaca o valor de $3,25 \text{ g/PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$ e o Agricultural and Food Research Council - AFRC (1993) encontrou a exigência de PM para manutenção de $2,30 \text{ g/kg}^{0,75}$.

Portanto, devido às diversidades nos valores propostos pelos diferentes sistemas de exigência e a ausência de pesquisas sobre exigência nutricional em raças compostas, torna-se importante conhecer a exigência de proteína metabolizável para manutenção, assim como o balanço de compostos nitrogenados em grupos genéticos como o Red Norte, podendo assim aperfeiçoar a utilização de proteína além, de uma produção animal com menor impacto ambiental.

Ademais, é muito importante para o sistema de alimentação conhecer o consumo e a digestibilidade dos alimentos e dietas, por determinar assim, o atendimento à exigência de manutenção e de produção do animal, já que estas características são importantes indicativos do valor nutritivo da dieta.

Sabe-se que a insuficiência de compostos nitrogenados no rúmen pode afetar negativamente a digestibilidade do alimento e conseqüentemente o consumo da matéria seca, caso a exigência dos microorganismos não seja atendida. Por outro lado, caso os teores de proteína bruta (PB) estejam em excesso, este pode ser excretado via urina, constituindo em desperdício de proteína e poluição ao meio ambiente.

O objetivo da autora com o presente estudo foi determinar a digestibilidade verdadeira e as perdas de nitrogênio fecal e a exigência de proteína metabolizável para manutenção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Metabolismo proteico no trato digestório

Os ruminantes se distinguem de outros animais pela compartimentalização de seu estômago. Esta particularidade permite o aproveitamento de alimentos fibrosos de baixa qualidade e compostos nitrogenados não proteicos, transformando-os em energia e nutrientes de qualidade como a proteína microbiana (DEWHURST; DAVIES; MERRY, 2000).

Os ruminantes não são capazes de produzir enzimas necessárias para esse processo, todavia permite o desenvolvimento de população microbiana para o alimento sofrer o processo de degradação e a síntese e posterior, a digestão no abomaso e intestino delgado segundo Silva et al. (2005).

A quantidade total de proteína microbiana que chega ao intestino delgado depende da disponibilidade de nutrientes e de eficiência de utilização desses nutrientes por bactérias do rúmen. Portanto, o metabolismo de nitrogênio (N) no rúmen pode ser dividido em dois eventos distintos: proteína degradável no rúmen e proteína não degradável no rúmen (PDR e PNDR), o que proporciona fontes de N para as bactérias e síntese de proteína microbiana (BACH; CASALMIGLIA; STERN, 2005).

Na prática, o conhecimento sobre a cinética de degradação dos alimentos é fundamental para que quantidades adequadas de PDR sejam fornecidas para aperfeiçoar o crescimento microbiano, assim como a quantidade de PNDR atenda a necessidade do ruminante. Desse modo, Moscardini et al. (1998) definiram que, na nutrição proteica é fundamental o conhecimento da síntese da proteína microbiana ruminal e da digestibilidade dos aminoácidos no pós-rúmen.

O esquema de alimentação que altere a produção da síntese microbiana pode afetar a quantidade e a qualidade da proteína que chega ao intestino delgado e isso influenciará na produção de carne e leite (LODOÑO HERNANDEZ et al., 2002; PINA et al., 2006).

A síntese de proteína microbiana no rúmen pode fornecer de 60 a 85% das exigências para manutenção em ruminantes (TIMMERMANS JUNIOR et al., 2000). Além disso, uma estratégia voltada para a maximização da fermentação ruminal pode aumentar o consumo de matéria seca (MS) como também permitir o uso eficiente da PDR.

A degradação da PDR depende da conjugação de três processos: proteólise, peptidólise e deaminação. A proteólise é a quebra de proteína por enzimas resultando em aminoácidos e peptídeos; peptidólise quebra dos peptídeos e a deaminação são os processos pelo qual o aminoácido libera o seu grupo amina na forma de amônia e se transforma em um cetoácido correspondente. Esta reação é catalisada pelas enzimas genericamente denominadas de deaminases ou desidrogenases, que possuem como coenzimas o NADP (SANTOS, 2006).

Assim, após a degradação, a fração degradável dá origem aos peptídeos, aminoácidos e amônia e são utilizados para síntese da proteína microbiana. A proteína microbiana é representada por bactérias, protozoários e fungos, que passam do rúmen para o intestino. A maior parte da proteína que chega a digestão abomasal e intestinal é proveniente da fermentação ruminal, sendo, portanto, importante à maximização da qualidade e quantidade dessa fermentação (CAVALCANTE et al., 2006). Cerca de 80% da proteína bruta microbiana que chega ao duodeno é proteína verdadeira e os outros 20% são ácidos nucleicos (SANTOS, 2006). As bactérias representam cerca de 90% da proteína microbiana verdadeira e é a maior fonte de proteína para o ruminante (BACH; CASALMIGLIA; STERN, 2005; LAPIERRE; LOBLEY, 2001).

Portanto, quanto mais proteína bacteriana for formada, maior será a disponibilidade de aminoácidos serem absorvidos no intestino e maior a disponibilidade de substrato para a síntese de proteína no leite e na carne.

Para que ocorra a síntese de proteína microbiana é necessária à disponibilidade de carboidratos (CHO) e N para os microorganismos. Assumindo que o N não seja limitante ao crescimento microbiano, o fluxo de proteína microbiana para o duodeno se correlaciona positivamente à quantidade de matéria orgânica fermentada no rúmen. Contudo, com excesso de matéria orgânica fermentável, pode ocorrer queda acentuada no pH ruminal e resultar em queda na síntese proteica (NRC, 2001).

Os fatores mais importantes que afetam a degradação de proteína incluem o tipo de proteína, as interações com outros nutrientes (CHO principalmente dentro do alimento e mesmo dentro do conteúdo do rúmen), e a população microbiana predominante (dependente o tipo de ração, taxa de passagem ruminal e pH ruminal) (BACH; CASALMIGLIA; STERN, 2005; HRISTOV et al., 2004).

O NRC (1985) discute o crescimento microbiano em três contextos: eficiência microbiana, massa microbiana e fluxo microbiano. A eficiência e massa microbiana são dependentes do substrato disponível para fermentação no rúmen, composição e taxa de fermentação do substrato e fatores intrínsecos ao ambiente ruminal. O fluxo microbiano é dependente das relações entre o tamanho de partícula, o volume e a taxa de passagem no rúmen. Já o fluxo microbiano torna-se importante por causa das exigências de manutenção dos microorganismos ruminais, os quais aumentam quando ocorrem lentas taxas de passagem, resultando em relativo aumento na ineficiência da energia fermentada (POLAN, 1988).

Os dois substratos que mais limitam a síntese de proteína microbiana no rúmen são carboidratos e proteína. A proteína está relacionada à velocidade e

intensidade de degradação da proteína dietética no rúmen, e os carboidratos, pela eficiência de utilização dos compostos nitrogenados, pelo fato de ser responsável pelo aporte de energia para os microorganismos (CAVALCANTE et al., 2006).

Devido à eficiência microbiana ser limitada pelo aporte energético da dieta, as formas de expressá-la normalmente está relacionado à quantidade de carboidratos e/ou matéria orgânica degradada no rúmen (NOCEK; RUSSEL, 1988), ou em relação ao consumo de NDT (NRC, 1996).

Segundo o NRC (2001), o fluxo de proteína microbiana para o duodeno é predito a partir do consumo de matéria orgânica digestível no trato digestivo total. No entanto, este é influenciado por diversos fatores, como: o crescimento microbiano, a reciclagem microbiana, a cinética de líquidos e partículas, a taxa e extensão de degradação dos nutrientes (SNIFFEN; ROBSON, 1987). Um esquema que representa detalhadamente o metabolismo de nitrogênio pode ser visualizado na Figura 1.

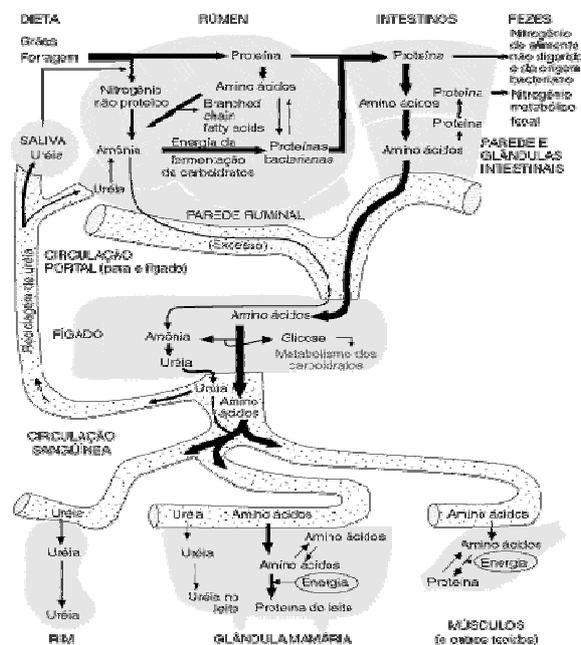


Figura 1 Metabolismo de N em ruminantes

Fonte: Wattiaux (2013)

Uma parte da proteína microbiana é destruída dentro do rúmen, mas a maioria entra no abomaso aderido às partículas dos alimentos. Os ácidos secretados no abomaso interrompem toda a atividade microbiana e as enzimas digestivas começam a digerir as proteínas, formando peptídeos (ALDERMAN, 1995).

As exigências da proteína nos ruminantes são atendidas pelos aminoácidos (AA) absorvidos no intestino delgado, denominados de exigência metabolizável, provenientes da fração microbiana da proteína não degradada no rúmen e da proteína endógena segundo Valadares Filho (1995).

Após a absorção, os aminoácidos são utilizados pelo tecido animal principalmente para síntese de proteínas. Os aminoácidos podem também ser convertidos em glicose, lipídeos e outros compostos de grande importância

como purinas, pirimidinas, hormônios e neurotransmissores. Os aminoácidos não utilizados neste processo são deaminados, originando a amônia e esqueletos de carbono. Os esqueletos de carbono podem ser oxidados a CO_2 e água, com geração de energia. De modo geral, o catabolismo de aminoácidos, seja para síntese de glicose (gluconeogênese) no fígado, ou oxidação a CO_2 e água, tem como via comum o ciclo de Krebs (SANTOS, 2006).

A presença de amônia no rúmen, que pode ocorrer devido à presença de nitrogênio não proteico (NNP) nos alimentos e aquela da ureia dietética reciclada da saliva e da parede ruminal, também pode ser fonte de N para a síntese microbiana (LAPIERRE; LOBLEY, 2001). Todavia, a falta de N para as bactérias podem reduzir a digestibilidade dos alimentos. Por outro lado, o excesso no rúmen pode produzir toxicidade e influenciar negativamente o desempenho, além de ser desperdício de proteína bruta com a elevação dos custos (PEREIRA et al., 2007).

Uma vez no rúmen, a ureia é rapidamente transformada em amônia pela ação da enzima uréase dando origem ao gás carbônico e amônia, segundo Harmeyer e Martens (1980) e Lapierre e Lobley (2001) e a concentração de ureia plasmática está positivamente relacionada à ingestão de N e à relação proteína: energia da dieta. Os mesmos autores relataram que a quantidade de ureia excretada pelos rins depende de fatores como: concentração plasmática de ureia, taxa de filtração glomerular e reabsorção tubular de ureia, e o principal regulador da excreção da ureia pela urina é a concentração plasmática (PEREIRA et al., 2007).

O nível da síntese da proteína microbiana a partir da amônia depende principalmente da disponibilidade de energia gerada pela fermentação de carboidratos (BRODERICK; REYNAL, 2009).

Vários fatores que afetam a síntese de proteína microbiana no rúmen têm sido abordados por diversos autores, como: o teor e a fonte de N e de

carboidratos na dieta, a taxa de diluição ruminal, a frequência de alimentação, o consumo de alimento, a relação volumoso: concentrado, a ensilagem, os aditivos da silagem, os ionóforos e o teor de minerais como fósforo, enxofre e magnésio na dieta (DURAND; KOMISARCZUK, 1988; SNIFFEN; ROBINSON, 1987; STERN; HOOVER, 1979).

Quando o valor biológico da proteína da dieta é elevado, a degradação microbiana no rúmen pode reduzi-lo, pois, em dietas altamente proteicas, a proteína excedente é transformada em amônia que é absorvida e perdida na urina como ureia (OWENS; ZIN, 1988; SOEST, 1994).

A PNDR também é importante para suprir a exigência do bovino em proteína metabolizável (PM). Além disso, para que a resposta seja maximizada, é importante que a fonte de PNDR seja de alta qualidade, ou seja, para que o perfil de aminoácidos essenciais (AAE) da PM seja adequado (SANTOS, 2006).

Para obter sucesso na suplementação de PNDR é necessário o balanceamento adequado da ração em PDR, não limitando a síntese microbiana e utilizando fontes que melhorem, ou pelo menos não piorem o perfil de AAE da proteína que chega ao intestino. Infelizmente, a maioria das fontes ricas em PNDR é deficiente em um ou mais aminoácidos essenciais (SANTOS, 2006).

Os sistemas de predição de requisitos de ruminantes e de avaliação do valor nutritivo de alimentos trabalham com diferentes valores para a digestibilidade intestinal da PNDR. A AFRC (1992) e NRC (1985, 1996) assumem que a digestibilidade intestinal da PNDR é de 80 e 90%, respectivamente. O Agricultural Research Council - ARC (1980) adota a digestibilidade verdadeira variando de 55 a 95%. Devido à grande variabilidade de fatores que afetam a quantidade e a qualidade da proteína que atinge o intestino, o NRC (2001) passou a adotar valores de digestibilidade intestinal variáveis para cada alimento e de acordo com o processamento sofrido.

A digestibilidade intestinal verdadeira da proteína dietética varia em diversas classes de alimentos pela presença de nitrogênio insolúvel em detergente ácido, considerado uma fração indigestível de acordo com Krishnamoorthy et al. (1982) e Loerch et al. (1983). Por este motivo, aplica-se que a digestibilidade da PNDR se distingue em determinado alimento de acordo com a degradabilidade no rúmen (CALSAMIGLIA; STERN, 1995).

2.2 Balanço de compostos nitrogenados

O balanço de nitrogênio é uma ferramenta importante que determina a eficiência e perdas de utilização do N pelos ruminantes segundo Mendes et al. (2007) que se refere ao nitrogênio retido obtido pela subtração das quantidades N excretadas via fezes e urina.

Além disso, o balanço de nitrogênio é um indicativo do metabolismo proteico, permitindo avaliar se o animal se encontra em equilíbrio quanto aos seus compostos nitrogenados segundo Guimarães Júnior et al. (2007).

O N presente no compartimento ruminal pode ser de origem endógena ou dietética. O N de origem endógena é derivado da reciclagem da ureia, das células epiteliais de descamação e do processo de lise das células microbianas. O N dietético é composto pela proteína verdadeira e pelo NNP, pertencente ao alimento (PEREIRA et al., 2007). Segundo Soest (1994), N metabolizado, quando adequado, é reciclado para o rúmen via saliva ou por difusão através da parede ruminal, e em pequena quantidade de N é convertida em ureia e excretada via urina.

A importância do nitrogênio no metabolismo ruminal depende da quantidade e qualidade dos aminoácidos (AA) ingeridos pela dieta (SILVA et al., 2005). Ao chegarem ao abomaso os compostos nitrogenados totais são constituídos de compostos amoniacais e não amoniacais (CAVALCANTE et al.,

2006). De acordo com Clark, Klusmeyer e Cameron (1992), os compostos nitrogenados não amoniacais constituem de 34 a 89% do total, referente ao N proveniente da dieta, microbiano e uma pequena fração endógena, correspondente à descamação de células epiteliais e de secreção abomasal.

Véras et al. (2007) afirmaram que o balanço dos compostos nitrogenados, sob condições controladas, fornece uma estimativa do metabolismo proteico e constitui um método de avaliação dos alimentos e o estado nutricional do animal. Bem como, evita-se o prejuízo produtivo, reprodutivo e ambiental, decorrente do fornecimento de quantidades excessivas de proteína e da falta de sincronismo na degradação de energia e proteína no rúmen (CLARK; KLUSMEYER; CAMERON, 1992).

“A redução na concentração de amônia ruminal ocorre com excesso de alimentos concentrado possibilitando maior utilização da amônia para o crescimento microbiano” (RIBEIRO et al., 2001, p. 583).

Os principais fatores que afetam o fluxo de compostos nitrogenados para o abomaso e intestino, segundo Clark, Klusmeyer e Cameron (1992) são o consumo e processamento do alimento, tamanho de partícula da dieta, taxas de fermentação, relação volumoso: concentrado e fontes e quantidades de carboidratos, gordura e proteína na dieta citado por Ribeiro et al. (2001).

O consumo pode ser influenciado por vários fatores, sendo os mais estudados a taxa de passagem do alimento, processamento e tipo do alimento (MERTENS, 1994 apud CAVALCANTE et al., 2005) e interfere nos produtos da fermentação ruminal. Se ocorrer deficiência na absorção de carboidratos haverá redução no crescimento microbiano e conseqüentemente na utilização de amônia. A síntese da proteína microbiana de acordo com Ribeiro et al. (2001), pode diminuir na degradabilidade ruminal da proteína.

Segundo Soest (1994), os fluxos de N dietético, N microbiano e N amoniacal no abomaso podem ser influenciados pelas ingestões de matéria seca

e nitrogênio. Cavalcante et al. (2006) referiram-se que os compostos nitrogenados totais, compostos nitrogenados amoniacais e não amoniacais presentes no abomaso não foram influenciados pelos teores de PB (10,5; 12; 13,5 e 15%), apresentando valores médios de 123,7; 4,0 e 119,7 g/dia, respectivamente. Todavia, a ausência de efeito do N dietético sobre estas variáveis pode ser atribuída ao consumo de matéria seca, que também não foi afetado pela concentração proteica das dietas. Resultados similares foram observados por Rennó et al. (2008), à exceção dos compostos nitrogenados amoniacais, que apresentaram comportamento linear positivo com a inclusão de PB na dieta, registrando-se valores de 2,87 e 4,08 g/dia de N-NH₃ para dietas com 12 e 15% de PB, respectivamente.

Nos trabalhos de Cavalcante et al. (2006) os fluxos de compostos nitrogenados microbianos presentes no abomaso também não foram afetados pelo acréscimo de proteína bruta às dietas, apresentando valor médio de 88,01 g/dia. Neste caso, a ausência de efeito da concentração de PB das dietas sobre o fluxo de N microbiano no abomaso pode ser explicada pelo adequado aporte de PB em todas as dietas.

A excreção de N nas fezes indica que maior conservação dos compostos nitrogenados ocorre quando se utilizam dietas com menores teores proteicos, pois o aumento da PB da dieta pode ocasionar excesso na liberação de ureia, via urina, constituindo desperdício de proteína.

Por fim, o balanço de compostos nitrogenados em sua grande maioria é influenciado por quantidade de proteína nas dietas, principalmente expresso em g/dia, devido a maior ingestão de compostos nitrogenados com o incremento dos níveis de PB nas dietas.

Cavalcante et al. (2006) e Verás et al. (2007) encontraram aumento linear nos dados de balanço de compostos nitrogenados com o acréscimo PB dietética, devido ao maior consumo de N na dieta, porém indicaram que maior

conservação dos compostos nitrogenados ocorre quando se utilizam dietas com menores teores proteicos, pois o aumento da PB da dieta pode ocasionar excesso na liberação de ureia, via urina, constituindo desperdício de proteína.

2.3 Consumo e digestibilidade

O consumo de nutrientes é um dos fatores associados ao desempenho animal, pois é determinante no atendimento das exigências de manutenção e produção dos animais. Existem vários fatores relacionados à nutrição de bovinos que podem alterar o consumo a dieta (teor da fibra, volume e densidade energética), animal (peso vivo e estágio fisiológico), as condições de alimentação (disponibilidade do alimento, frequência de alimentação e tempo de acesso à ração) dentre outros Mertens (1994 apud CAVALCANTE et al., 2005).

Ainda, seguindo Mertens (1992 apud CAVALCANTE et al., 2005), o consumo em ruminantes pode ser regulado por três mecanismos básicos: físico, fisiológico e psicogênico, que interagem entre si, determinando a ingestão de um animal a uma dada situação.

O fator fisiológico está relacionado com o balanço nutricional; o psicogênico envolve a resposta do animal a fatores inibidores ou estimuladores ligados ao alimento e ambiente; e o físico está relacionado ao teor da fibra em detergente neutro (FDN) da dieta (CAVALCANTE et al., 2005).

Dentre destas características, segundo Soest (1994), a proteína pode influenciar o consumo, quando a suplementação de nitrogênio para animais não atende as exigências dos microorganismos do rúmen, o que pode limitar o crescimento microbiano e afetar negativamente a digestibilidade da parede celular e o consumo. Por outro lado, elevados níveis de PB na dieta, sobretudo na forma de NNP, pode provocar diminuição do consumo pela toxidez, além

provocar excesso de amônia no rúmen e aumento no teor de ureia via urina, provocando altas perdas de nitrogênio urinário.

Valadares et al. (1997) avaliaram os efeitos da proteína bruta sobre o consumo e verificaram que o nível de 7% PB afetou negativamente devido, provavelmente pelo baixo teor de compostos nitrogenados terem sido insuficiente para o crescimento microbiano adequado.

A digestibilidade é um dos componentes que determina o valor nutritivo de um alimento. O processo de conversão de macromoléculas da dieta em compostos mais simples define-se como digestão e conseqüentemente absorvidos no sistema digestório (SOEST, 1994). Já a digestibilidade representa a porção digestível das frações dos alimentos e é representada principalmente em porcentagem. Esta tem alta correlação com o valor nutritivo dos alimentos.

A determinação da digestibilidade pode ocorrer de duas formas: aparente e verdadeira. A aparente não considera a matéria metabólica fecal: secreções endógenas, contaminação por microorganismos e descamações de epitélio. Já, quando se desconta a perda de matéria metabólica fecal, obtém-se a digestibilidade verdadeira dos alimentos, valor esperado superior à digestibilidade aparente (BERCHIELLI; GARCIA; OLIVEIRA, 2006).

Portanto, a determinação da digestibilidade aparente *in vivo* não condiz com a digestibilidade verdadeira dos alimentos para a proteína, extrato etéreo e carboidratos não fibrosos, em virtude da presença de frações endógenas destes nutrientes nas fezes.

Logo, a estimativa da contribuição endógena nas fezes pode ser utilizada para correção da digestibilidade aparente e determinação da digestibilidade verdadeira dos alimentos.

A possibilidade de determinar a digestibilidade verdadeira é considerar que o conteúdo fecal não apresenta somente resíduos de alimentos não digestivos, mas também matéria microbiana e endógena decorrente do processo

de digestão. O cálculo da digestibilidade verdadeira depende da análise fecal adequada e aplicação da equação da digestibilidade parcial. No momento da excreção a maior parte da matéria metabólica fecal é proveniente de descamações do epitélio, secreções endógenas e contaminação por organismo, e assim se faz contabilizar (SOEST, 1994).

Há alguns fatores implícitos na digestão do alimento nos ruminantes, que estão diretamente relacionados ao ambiente ruminal, podendo ser positivos quando as mudanças favorecem os microorganismos, melhorando a digestão dos alimentos.

A proteína é um dos nutrientes mais onerosos na alimentação e utilizá-la de forma adequada, permite evitar desperdícios para o meio ambiente na forma de ureia pela urina e N fecal, além promover o adequado crescimento microbiano ruminal.

Cavalcante et al. (2005) encontraram maiores coeficientes de digestibilidade aparente total de MS e PB em dietas com 10,5% de PB. Contudo, Figueiras et al. (2010), trabalhando com diferentes níveis de proteína bruta, associada à pastagem, concluíram que o teor de 9% PB otimizou o uso de forragens tropicais de baixa qualidade, melhorando o desempenho dos animais.

Obeid et al. (2006) trabalharam com níveis crescente de proteína bruta (9; 11; 13 e 15%) e não encontraram efeitos sobre o consumo de MS. Entretanto, a digestibilidade da PB aumentou linearmente. Os autores concluíram que o teor de 12% PB atende a exigência de PDR e PB para animais zebuínos em fase de terminação, com menor custo de produção.

2.4 Exigência de proteína metabolizável para manutenção

A proteína está envolvida em funções vitais para os animais tais como: crescimento e reparo dos tecidos, catálise enzimática, transporte e

armazenamento, movimento coordenado, sustentação mecânica, proteção imunitária, geração e transmissão de impulsos nervosos, dentre outros (MARCONDES et al., 2010).

As proteínas corporais são constantes e simultaneamente estão sendo sintetizadas e degradadas, processo conhecido como *turnover* proteico. O constante *turnover* de proteínas fornece o *pool* de aminoácidos que estão em constante equilíbrio com o mecanismo de síntese proteica (CABRAL et al., 2012).

A deposição de proteína, em função do desenvolvimento de órgãos e tecidos depende do estágio de desenvolvimento dos animais (OWENS et al., 2004). Essas diferenças contribuem para redução do *turnover* proteico, alguns tecidos associados com a digestão, como o trato gastrointestinal e o fígado, tem maior *turnover* proteico que o músculo esquelético e isto implicam em maior exigência energética destes tecidos. Assim, a diferença nas composições corporais pode estar relacionada às mudanças no metabolismo de tecidos, principalmente ao *turnover* proteico (RICHARDSON; HERD, 2004).

De acordo com DiCostanzo et al., (1990), para manter 1 kg de proteína corporal é necessário 9,3Kcal e para manter 1 kg de gordura 5,3Kcal, sendo explicado pelo maior *turnover* do tecido proteico comparado ao tecido adiposo.

O tecido gastrointestinal pode contribuir com mais de 40% da síntese proteica diária e os processos de *turnover* consomem de 20 a 25% de energia diária ingerida pelos animais (BERGEN, 2008). A energia de manutenção consumida pelo músculo é menor em relação aos tecidos e vísceras (CATTON; DHUYVETTER, 1997). O tecido muscular é constituído de seguidos processos de síntese, degradação e ressíntese proteica (GOLL et al., 2008) e a deposição do músculo ocorre quando há excesso na taxa de degradação proteica (WATERLOW, 2006).

Castro-Bulle et al. (2007) indicaram que a taxa de degradação proteica e exigência de manutença de bovino de corte são correlacionadas e indicaram que animais com elevadas taxas de *turnover* proteicos são mais exigentes e menos eficientes.

As enzimas proteolíticas possuem papel importante no *turnover* metabólico das proteínas miofibrilares, as relacionadas no presente estudo são: calpaína e calpastatina. A importância calpaína está tanto na perda de massa muscular, como no *turnover* metabólico das proteínas miofibrilares. O sistema calpaína também está envolvido no crescimento do músculo esquelético, ocorre devido a diminuição da taxa de degradação proteica muscular e que esta é devida, principalmente, a um aumento na atividade de calpastatina (GOLL et al., 2008).

A calpastatina é inibidor endógeno especificamente da calpaína, reduz atividade da proteólise na proteína miofibrilares (LEE et al., 1992) e este pode ser usado como indicador de carne menos macia (WHIPPLE et al., 1990).

Portanto, o papel das calpaínas no *turnover* da proteína miofibrilar deve limitar-se a liberação de filamentos de actina e miosina das miofibrilas, ou seja, a liberação de miofilamentos facilmente dispensáveis e assim, fornecer substratos proteicos para o proteossomo, aumentando assim a sua atividade (CABRAL et al., 2012).

Devido ao fato da proteína verdadeira ser um nutriente de alto custo nutricional, sua inclusão inadequada resulta em elevação nos custos de produção (CAVALCANTE et al., 2005). Ademais, o aumento nas excreções de ureia pela urina, passa a representar um poluente ao ambiente (KLEMESRUD et al., 2000).

Esta é uma das preocupações da sociedade e dos profissionais de nutrição ao realizarem a correta formulação de dietas, de forma a garantir que o excesso de nitrogênio não seja excretado na urina e fezes.

A demanda de proteína para manutenção pelo bovino é igual às perdas metabólicas fecais e urinárias, além das perdas de proteínas por descamação (AFRC, 1993). A quantificação dessas perdas é relativamente difícil e as maiores perdas de PB são nas fezes e urina (SANTOS, 2006).

A maior parte da proteína ingerida é utilizada para fins de manutenção em animais em crescimento. Segundo o sistema BR-CORTE (MARCONDES et al., 2010), um bovino Nelore inteiro de 400 kg de peso vivo, com ganho médio diário de 1 kg, utiliza 51% da proteína metabolizável total como proteína metabolizável de manutenção, o que demonstra a importância do correto atendimento dessa fração. Entretanto, estudos envolvendo exigências nutricionais de proteína para manutenção são escassos, embora exista abundância de dados envolvendo as exigências de proteína para ganho.

Ezequiel (1987) estimou as exigências de proteína metabolizável para manutenção de $1,72 \text{ g/PV}^{0,75}$ para Nelore e $4,28 \text{ g/PV}^{0,75}$ para Holandeses, o que sugere que a perda de metabólitos endógenos em bovinos Nelore seja inferior à de bovinos Holandeses. Em síntese, a elevada excreção endógena leva à maior perda líquida de aminoácidos e, como é catabolizado ou excretado pelas células intestinais, o *turnover* de aminoácidos deverá ser maior para que existam aminoácidos disponíveis para síntese de proteína do muco, do epitélio intestinal e do complexo enzimático (MARCONDES et al., 2010).

De tal forma, Wilkerson et al. (1993) encontraram valor diário de exigência de proteína metabolizável (PM) para manutenção de $3,8 \text{ g/PV}^{0,75}$, sendo este o valor adotado pelo NRC (2000). Nesta pesquisa foram realizadas 45 observações individuais com uma variação proteica de 3 a 30% de PB. O valor foi obtido pelo intercepto da equação de regressão do consumo de proteína metabolizável (g/dia), em razão do ganho de peso (kg/dia) dos animais e pelo peso vivo médio metabólico dos animais.

O NRC (2000) preferiu utilizar o valor que foi determinado a partir de dados de crescimento, ao contrário dos valores de $3,25 \text{ g/PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$ e $3,52 \text{ g/PV}^{0,75}/\text{dia}$ obtidos, respectivamente, pelo sistema francês (INRA, 1988) e por Smuts (1935). Estes últimos foram derivados de experimentos envolvendo o balanço de compostos nitrogenados.

O AFRC (1993) calculou a exigência pelo somatório das exigências basais de nitrogênio endógeno e perdas por descamação e pelos, tendo encontrado uma exigência diária de proteína metabolizável para manutenção de $2,30 \text{ g/PV}^{0,75}$, valor este bem a baixo do que os outros sistemas.

Valadares et al. (1997), trabalhando com animais anelados encontraram um valor de exigência de PM para manutenção de $4,13 \text{ g/PV}^{0,75}$, considerando a soma de perdas endógenas fecais estimadas por regressão entre a ingestão de nitrogênio digestível e o consumo de nitrogênio; e as perdas endógenas urinárias, obtidas pela regressão entre excreção de nitrogênio urinário e o consumo de nitrogênio.

Na segunda edição do BR-CORTE (MARCONDES et al., 2010) foi adotado o valor de exigência líquida para manutenção de $2,69 \text{ g de proteína/PV}^{0,75}$ ou $0,431 \text{ g N g/kg}^{0,75}$ obtido pelo trabalho de Vêras et al. (2007) (Figura 2).

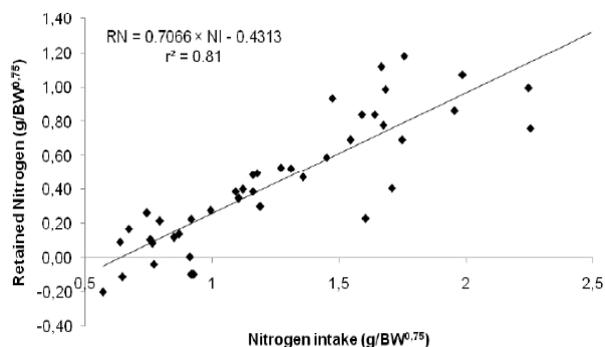


Figura 2 Relação entre o nitrogênio retido (NR) e o consumo de nitrogênio (CN), expresso em $(g/kg^{0,75})$

Fonte: Vêras et al. (2007)

Para converter as exigências líquidas de proteína em exigência de proteína metabolizável para manutenção, utilizou-se o fator de 0,667, obtido pela regressão entre nitrogênio retido e o nitrogênio absorvido (Figura 3), valor este muito próximo ao recomendado pelo NRC (1985) de 0,67. Utilizando-se essa eficiência e considerando as exigências líquidas de proteína para manutenção, foi obtida a exigência diária de proteína metabolizável de $4,03 g/kg^{0,75}$, que é próxima ao valor recomendado pelo NRC (2000). Desse modo, a indicação do BR-CORTE (MARCONDES et al., 2010) é utilizar o valor de 4 g de PM/PV^{0,75}, como exigência de PM para manutenção (PMm) para animais zebuínos.

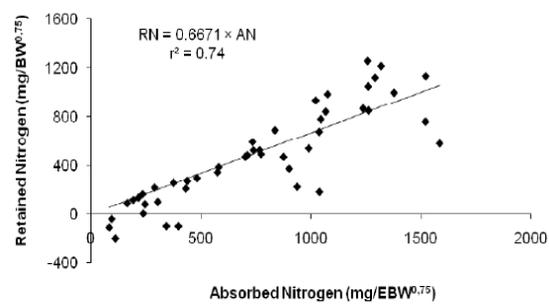


Figura 3 Relação entre nitrogênio retido e nitrogênio absorvido
Fonte: Vêras et al. (2007)

REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159 p.

_____. Nutritive requirements of ruminants animals protein. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**, Farnham, v. 62, n. 12, p. 787-835, 1992.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of farm livestock**. London, 1980. 351 p.

ALDERMAN, G. A. Review of current protein requirent systems for ruminats. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1995. p. 1-25.

ANDRADE, P. L. et al. Aged meat quality in Red Norte and Nellore cattle. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, MG, v. 39, n. 8, p. 1791-1800, 2010.

BACH, A.; CASALMIGLIA, S.; STERN, M. D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. E9-E21, 2005.

BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 397-418.

BERGEN, W. G. Measuring in vivo intracellular protein degradation rates in animal systems. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, n. 14, p. 3-12, Apr. 2008. Supplement.

BRINKS, J. S. Utilizing breed differences in developing composites. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 1., 1996, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBMA, 1996. p. 1-9.

BRODERICK, G. A.; REYNAL, S. M. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 6, p. 2822-2834, June 2009.

CABRAL, C. H. A. et al. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvidos no turnover proteico: deposição e degradação de proteína muscular. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1085-1203, 2012.

CALSAMIGLIA, S.; STERN, M. D. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 5, p. 1459-1465, May 1995.

CASTRO-BULLE, F. C. et al. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, n. 4, p. 928-936, Apr. 2007.

CATTON, J. S.; DHUYVETTER, D. V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, n. 4, p. 533-542, Apr. 1997.

CAVALCANTE, M. A. B. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: consumo, digestibilidade total e desempenho produtivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 711-719, maio/jun. 2005.

_____. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 203-210, jan./fev. 2006.

CLARK, J. H.; KLUSMEYER, T. H.; CAMERON, M. R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 8, p. 2304-2323, Aug. 1992.

DEWHURST, R. J.; DAVIES, D. R.; MERRY, R. J. Microbial protein supply from the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 85, n. 1/2, p. 1-21, May 2000.

DICOSTANZO, A. et al. Within-herd variation in energy utilization for maintenance and gain in beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 7, p. 2156-2165, July 1990.

DURAND, M.; KOMISARCZUK, S. Influence of major minerals on rumen microbiota. **Journal of Nutrition**, London, v. 118, n. 2, p. 249-260, 1988.

EZEQUIEL, J. M. B. **Exigências de proteína e minerais de bovídeos: frações endógenas**. 1987. 131 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1987.

FIGUEIRAS, J. F. et al. Intake and digestibility in cattle under grazing supplemented with nitrogenous compounds during dry season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 6, p. 1303-1312, nov./dez. 2010.

GOLL, D. E. et al. Myofibrillar protein turnover: the proteasome and calpains. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. E19- E35, 2008. Supplement.

GUIMARÃES JÚNIOR, R. et al. Balanço de nitrogênio em ovinos alimentados com silagens de três genótipos de milheto *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM.

HARMEYER, J.; MARTENS, H. Aspects of urea metabolism with reference to the goat. **Journal Dairy Science**, Champignon, v. 63, n. 10, p. 1707-1728, 1980.

HRISTOV, A. N. et al. Effect of dietary crude protein level and degradability on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, Champignon, v. 82, n. 11, p. 3219-3229, Nov. 2004.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE.
Alimentation de bovines, ovins et caprins. Paris, 1988. 192 p.

KLEMESRUD, M. J. et al. Effect of dietary concentration of metabolizable lysine on finishing cattle performance. **Journal of Animal Science**, Champignon, v. 78, n. 4, p. 1060-1066, Apr. 2000.

KRISHNAMOORTHY, U. et al. Nitrogen fraction in selected feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, Champignon, v. 65, n. 2, p. 217-225, 1982.

LAPIERRE, H.; LOBLEY, G. E. Nitrogen recycling in the ruminant: a review. **Journal of Animal Science**, Champignon, v. 84, p. E223-E236, 2001. Supplement.

LEE, W. J. et al. Molecular diversity in amino-terminal domains of human calpastatin by exon skipping. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 267, n. 12, p. 8437-8442, Apr. 1992.

LOERCH, S. C. et al. Effects of dietary protein source and energy level on *in situ* nitrogen disappearance of various protein sources. **Journal of Animal Science**, Champignon, v. 56, p. 206-216, 1983.

LONDOÑO HERNÁNDEZ, F. I. et al. Avaliação de dois métodos *in vitro* para determinar a cinética ruminal e a digestibilidade intestinal da proteína de vários alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 256-266, jan./fev. 2002.

LOPES, L. S. et al. Composição química e de ácidos graxos do músculo longissimus dorsi e da gordura subcutânea de tourinhos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 4, p. 978-985, abr. 2012.

MACHADO NETO, O. R. et al. Performance and carcass traits of Nelore and Red Norte steers finished in feedlot. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, MG, v. 40, n. 5, p. 1080-1087, Sept./Oct. 2011.

MARCONDES, M. I. et al. Exigência nutricional de proteína para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S. C. et al. (Ed.). **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados: BR-CORTE**. Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 114-133.

MENDES, C. Q. et al. Metabolismo do nitrogênio de cordeiros alimentados com rações contendo silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivo químico ou bacteriano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM.

MOSCARDINI, S. et al. Effects of rumen-undegradable protein and feed intake on purine derivative and urea nitrogen: comparison with predictions from Cornell Net Carbohydrate and protein system. **Journal of Dairy Science**, Champignon, v. 81, n. 9, p. 2421-2429, Sept. 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academy, 1996. 242 p.

_____. _____. 7th ed. Washington: National Academy, 2000. 242 p.

_____. _____. 7th ed. Washington: National Academy, 2001. 381 p.

_____. **Ruminant nitrogen usage**. Washington: National Academy, 1985. 138 p.

NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Proteins and energy as an integrated system: relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champignon, v. 71, n. 8, p. 2070-2107, Aug. 1988.

OBEID, J. A. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para bovino de corte: consumo, digestibilidade e desempenho produtivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2434-2442, nov./dez. 2006.

OWENS, F. N. et al. Residual feed intake and feed efficiency: differences and implications. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 15., 2004, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: Florida Dairy Extension, 2004. p. 27-38.

OWENS, F. N.; ZINN, R. Metabolismo de la proteína en los rumiantes. In: CHURCH, D. C. (Ed.). **El ruminante, fisiología digestiva y nutrición**. 3. ed. Zaragoza: Acribia, 1988. p. 255-281.

PEREIRA, K. P. et al. Balanço de nitrogênio e perdas endógenas em bovinos e bubalinos alimentados com níveis crescentes de concentrado. **Acta Science Animal Science**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 433-440, 2007.

PINA, D. S. et al. Síntese de proteína microbiana e concentrações de uréia em vacas alimentadas com diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1552-1559, jul./ago. 2006.

POLAN, C. E. Update: dietary protein and microbial protein contribution. **Journal of Nutrition**, London, v. 118, n. 2, p. 242-248, Feb. 1988.

RENNÓ, L. N. et al. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupo genético: parâmetros ruminais, ureia plasmática e excreções de ureia e creatina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 556-562, maio/jun. 2008.

RIBEIRO, K. G. et al. Eficiência microbiana, fluxo de compostos nitrogenados no abomaso, amônia e pH ruminais, em bovinos recebendo dietas contendo feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 581-588, mar./abr. 2001.

RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle: 2., synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, n. 4, p. 431-440, June 2004.

SANTOS, F. A. P. Metabolismo de proteína. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 255-284.

SILVA, F. F. et al. Aspectos do metabolismo de nitrogênio. In: ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F. (Ed.). **Nutrição de ruminantes: aspectos relacionados à digestibilidade e ao aproveitamento de nutrientes**. Campo Grande: UCDB, 2005. p. 171-184.

SMUTS, D. The relation between the basal metabolism and the endogenous nitrogen metabolism, with particular reference to the maintenance requirement of protein. **Journal of Nutrition**, London, v. 9, n. 4, p. 403-433, 1935.

SNIFFEN, C. J.; ROBINSON, P. H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. **Journal of Dairy Science**, Champignon, v. 70, p. 425-441, 1987.

SOEST, P. J. van. **Nutritional ecology of ruminant**. 2nd ed. London: Comstock, 1994. 476 p.

STERN, M. D.; HOOVER, W. H. Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. **Journal of Animal Science**, Champignon, v. 49, n. 6, p. 1590-1603, 1979.

TIMMERMANS JUNIOR, S. J. et al. Estimation of the flow of microbial nitrogen to the duodenum using milk uric acid or allantoin. **Journal of Dairy Science**, Champignon, v. 83, n. 6, p. 1286-1299, June 2000.

VALADARES, R. F. D. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos: 4., concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 1270-1278, nov./dez. 1997.

VALADARES FILHO, S. C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1995. p. 355-388.

VÉRAS, R. M. L. et al. Balanço de compostos nitrogenados e estimativa das exigências de proteína de manutenção de bovinos Nelore de três condições sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1212-1217, jul./ago. 2007.

WATERLOW, J. C. **Protein turnover**. Wallingford: CABI, 2006. 301 p.

WATTIAUX, M. A. **Metabolismo de proteína em bovino de leite**. Disponível em: <<http://babcock.wisc.edu/node/145>>. Acesso em: 28 nov. 2012.

WHIPPLE, G. et al. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champignon, v. 68, n. 9, p. 2716-2728, Sept. 1990.

WILKERSON, V. A. et al. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champignon, v. 71, n. 10, p. 2777-2784, Oct. 1993.

CAPÍTULO 2 Digestibilidade verdadeira e exigência de proteína para manutenção em Tourinhos Red Norte

RESUMO

Objetivou-se avaliar a exigência de proteína metabolizável para manutenção em tourinhos Red Norte, a influência dos teores de proteína bruta (PB) sobre o consumo e a digestibilidade e balanço de nitrogênio dos nutrientes. Foram utilizados 35 animais com peso vivo médio de 280 ± 4 kg. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, 5 tratamentos e 7 repetições, com diferentes níveis de PB dietética (9, 11, 13, 15 e 17%). O período experimental teve duração de 15 dias com coletas nos últimos 5 dias. A relação volumoso: concentrado foi de 60:40, fornecida *ad libitum*, continha a silagem de milho como volumoso e concentrado à base de milho e farelo de soja. Foi realizada coleta total de fezes e urina, bem como mensurado o consumo individual de matéria seca e estimado a exigência para manutenção. As amostras compostas de fezes e alimentos foram submetidas às análises bromatológicas. O nitrogênio metabólico fecal foi estimado por regressão ($\text{g/kg MS do N absorvido e a ingestão de N}$), as perdas endógenas urinárias por regressão ($\text{g/kg}^{0,75}$ de excreção urinária de N e ingestão de N), as perdas endógenas totais por regressão ($\text{g/kg}^{0,75}$ entre balanço de N e ingestão de N), a eficiência de utilização da proteína líquida para manutenção (PLm) pelo coeficiente de inclinação (K) da regressão do N absorvido (N ingerido menos N fecal) na ingestão de N e a exigência de proteína metabolizável pela divisão de PLm pelo K. Os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira foram obtidos a partir do consumo de matéria seca nos cinco dias experimentais, da produção fecal e dos respectivos nutrientes. As determinações foram obtidas utilizando o procedimento REG do SAS (9.1). O consumo em kg/animal/dia de PB, carboidrato não fibroso (CNF) e NDT foram influenciados pelos crescentes teores de PB ($P < 0,05$), bem como o extrato etéreo (EE), PB e CNF para consumo em % peso corporal. A digestibilidade MS, matéria orgânica (MO), CNF, PB, NDT foi influenciada para os crescentes teores de PB ($P < 0,05$). A fração metabólica fecal de PB foi de 244,72 g de PB/dia. O consumo de nitrogênio e nitrogênio urinário e balanço de nitrogênio tiveram aumento linear ($P < 0,05$) para os crescentes teores de PB. A PLm foi de 3,0 g PB/PC^{0,75}. O K foi de 0,673 e, portanto, o teor de PM para manutenção foi de 4,46 g PB/PC^{0,75}. Conclui-se que a elevação no teor de PB na dieta, pela substituição de milho por farelo de soja influenciou positivamente a digestibilidade aparente da MS, do EE e do CNF, o que eleva os teores de NDT pelas dietas.

Palavras-chave: Bovino de corte. Proteína bruta. Nitrogênio.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the metabolizable protein requirement Red Norte young bulls, the influence of crude protein (CP) levels on intake. There were used 35 animals with an average live weight of 280 ± 4 kg. The design was used entirely randomized in 5 treatments to 7 repetitions with different levels of CP diet (9, 11, 13, 15 and 17%) replacing corn with soybean meal. The experimental period lasted 15 days with collections over the past 5 days. The forage: concentrate ratio of 60:40, provided *ad libitum*, contained corn silage and concentrate based on corn and soybean meal was held total collection of feces and urine, as well as the measurement of dry matter intake, the digestibility of nutrients, nitrogen balance and metabolizable protein. The composite samples of food and feces were subjected to chemical analyzes. The metabolic fecal nitrogen was estimated by regression ($\text{g/kg DM of N absorbed and N intake}$), endogenous urinary losses by regression ($\text{g/kg}^{0.75}$ urinary excretion of N and N intake), total endogenous losses by regression ($\text{g/kg}^{0.75}$ between N balance and N intake), the efficiency of utilization of protein for maintenance (N_{Pm}) by the slope coefficient of the regression of N uptake (K_m) (N intake minus fecal N) intake N and metabolizable protein requirement (MP) by dividing N_{Pm} at K_m. The metabolic fecal PB was estimated by linear regression of the nutrient absorbed (Y) and nutrient intake (X). The coefficients of apparent and true digestibility were obtained from dry matter intake in the five experimental days, feces output and its nutrients and fecal metabolic contribution were estimated under the assumption of mean estimators treatments constitute independent and non-biased averages population. Measurements were obtained using the procedure of SAS REG (9.1). Consumption in kg/animal/day of CP, non-fibrous carbohydrate (NFC) and TDN were influenced by increasing levels of CP ($P < 0.05$), and the ether extract (EE), and PB, NFC for use in% body weight. The digestibility obtained effect for increasing levels of CP ($P < 0.05$) in DM, organic matter (OM), NFC, CP, TDN. The greatest metabolic fecal CP was 244.72 g CP/day. The nitrogen intake, urinary nitrogen and nitrogen balance effect was significant ($P < 0.05$) for increasing levels of CP. The N_{Pm} was 3.0 g CP/EBW^{0.75}. The K_m was 0.673, and thus the contents of MP for maintenance was 4.46 g CP/EBW^{0.75}. We conclude that the increase in CP concentration in the diet, by replacing corn with soybean meal has positively influenced the digestibility of DM, EE and NFC, which raises the levels of TDN by the diets.

Keywords: Beef cattle. Crude protein. Nitrogen.

1 INTRODUÇÃO

As raças taurinas são, em sua maioria, detentoras de alta taxa de deposição muscular, porém, no Brasil, a produção de bovinos de corte utilizando-as é limitada em consequência principalmente das altas exigências nutricionais e também devido à menor adaptabilidade aos trópicos. Desse modo, o cruzamento passa a ser uma tecnologia que busca potencializar a utilização de animais de alto desempenho, permitindo a utilização do sangue taurino em regiões tropicais.

Dentre as ferramentas de cruzamento, a criação de grupos genéticos compostos é uma alternativa crescente no Brasil. De acordo com Brinks (1996), para a escolha de raças com o objetivo de desenvolver uma população composta, deve-se manter o balanço entre a complementaridade das raças e a heterose.

Como o Red Norte é um grupo genético composto novo utilizado no sistema de produção da pecuária de corte brasileira, há necessidade de se conhecer melhor suas exigências nutricionais para a correta formulação de dieta, e consequentemente aumentar a eficiência na produção.

Dentre as exigências que necessitam de maiores estudos, a exigência de proteína metabolizável para manutenção (PMm) é uma delas, pois há grande divergência entre os diferentes sistemas desenvolvidos em todo o mundo. O National Research Council - NRC (2000) preconiza o valor de $3,8 \text{ g/PV}^{0,75}/\text{dia}$, obtidos em 11 ensaios com animais mestiços Hereford X Angus entre os anos de 1978 a 1990. O BR Corte (MARCONDES et al., 2010), por sua vez considera o valor de $4 \text{ g de PM/kg}^{0,75}/\text{dia}$ para animais Nelores. Já o Institut National de la Recherche Agronomique - INRA (1988) utiliza o valor de $3,25 \text{ g/PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$ e no Agricultural and Food Research Council - AFRC (1993) a exigência de PM para manutenção é de $2,30 \text{ g/kg}^{0,75}$.

Estudos de determinação da exigência PMm utilizam dietas com diferentes teores de proteína bruta (PB), o que permite também avaliar a influência desta característica dietética sobre outros parâmetros nutricionais, como o consumo e a digestibilidade. Estes dois, por sua vez, são fundamentais para a correta formulação das dietas, pois estão diretamente relacionados ao aporte de nutrientes e, conseqüentemente, ao atendimento da exigência nutricional do animal.

As respostas dos animais quanto à digestibilidade dos nutrientes em rações com diferentes teores de PB são variadas. Obeid et al. (2006), trabalhando com níveis de 9, 11, 13 e 15% de PB encontraram apenas aumento na digestibilidade da PB, não havendo influência sobre os outros nutrientes e a matéria seca (MS). Todavia, Cavalcante et al. (2005), Figueiras et al. (2010) e Rennó et al. (2008) encontraram aumento linear nas digestibilidades totais de MS e PB.

Portanto, o objetivo com o presente estudo foi avaliar a digestibilidade verdadeira, as perdas de nitrogênio fecal e a exigência de proteína metabolizável para manutenção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, Minas Gerais, em julho de 2009, após ter sido aprovado pelo comitê de Ética no uso de animais da UFLA.

Foram utilizados 35 machos não castrados do grupo genético Red Norte, com peso vivo inicial médio de 280 ± 4 kg. Os animais foram confinados em baias individuais cobertas com área de 2 m^2 por animal, com piso de concreto, providas de comedouros individuais e bebedouros automáticos comuns a duas baias.

O período experimental teve duração de quinze dias, sendo dez dias para adaptação às dietas e cinco dias para as coletas totais de fezes e urina, bem como a medição de consumo de matéria seca.

Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) constituído por cinco níveis de proteína bruta dietética (9, 11, 13, 15 e 17%; Tabela 1) e sete repetições por tratamento. Para efeitos de interpretação dos efeitos de tratamentos, empregaram-se os níveis médios de PB nas dietas consumidas (9,4; 11,5; 13,6; 15,7; 17,8% PB).

As dietas foram fornecidas ad libitum duas vezes ao dia, às 7 h 00 min. e 15 h 00 min., permitindo-se sobras de no máximo 5%. A quantidade de ração oferecida foi registrada diariamente e a amostragem dos ingredientes do concentrado, da silagem e das sobras, foi realizada nos últimos cinco dias do período experimental. As amostras foram pré-secas em estufa ventilada a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, por 72 horas, e processadas em moinho tipo Willey com peneira de malha de 1 mm.

A coleta total de fezes foi conduzida durante cinco dias consecutivos, sendo estas recolhidas diretamente do piso logo após os animais terem defecado. As amostras de fezes foram armazenadas em sacos plásticos a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ e,

posteriormente, submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60 °C, por 72 horas, e processadas em moinho com peneira de malha de 1 mm. Após a pré-secagem das amostras, foi constituída uma amostra composta com base no peso seco para cada animal em cada dia de coleta, as quais foram armazenadas em recipientes plásticos para posterior análise.

Tabela 1 Proporção dos ingredientes e composição química, expressos na base da matéria seca (%), em função dos níveis de proteína bruta na dieta

Ingredientes % MS	Níveis de Proteína bruta (%)				
	9	11	13	15	17
Silagem de Milho	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Milho	36,7	32,0	25,3	19,7	14,8
Farelo de soja	2,10	6,80	13,5	19,1	24,0
Núcleo mineral ¹	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Nutrientes (%MS)					
Matéria Seca (%MN)	52,9	52,8	52,5	52,6	52,5
Proteína Bruta	9,40	11,5	13,6	15,7	17,8
NIDA/N ² (%N Total)	6,20	6,10	6,10	6,00	5,90
NIDN/N ³ (%N Total)	13,0	12,8	12,5	12,2	12,0
Extrato Etéreo	3,40	3,30	3,20	3,00	2,90
FDA ⁴	18,3	18,7	19,2	19,6	20,0
FDNcp ⁵	33,3	33,3	33,4	33,4	33,5
CNF ⁵	49,6	47,1	44,5	41,9	39,4

¹Conteúdo por kg do produto: cálcio 240 g, fósforo 174 g, cobalto 100 mg, cobre 1.250 mg, ferro 1.795 mg, flúor (max) 1.740 mg, iodo 90 mg, manganês 2.000 mg, zinco 5.270 mg, selênio 15 mg, por kg do produto em elementos ativos, ²Nitrogênio insolúvel em detergente ácido em função do nitrogênio total, ³Nitrogênio insolúvel em detergente neutro em função do nitrogênio total, ⁴Fibra em detergente ácido, ⁵Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁶Carboidratos não fibrosos,

A coleta da urina foi realizada utilizando-se funis conectados às mangueiras de polietileno, pela qual a urina foi conduzida até um recipiente de

plástico, com tampa, contendo 200 mL de H₂SO₄ a 20%. Ao término do período de 24 horas de cada dia de coleta, a urina foi pesada, homogeneizada, amostrada em torno de 50 mL e armazenadas em frascos plásticos a -20 °C.

As análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas (MM) foram realizadas conforme procedimento descrito pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990) (Tabela 2). As determinações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (L) foram realizadas de acordo com o método sequencial de Soest, Robertson e Lewis (1991). Os teores de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA) dos alimentos foram determinados nos resíduos obtidos após a extração das amostras nos detergentes neutro e ácido, respectivamente (SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991), por intermédio do procedimento de Kjeldahl.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com Hall (2003), como: $CNF (\%) = 100 - (\%FDN_{cp} + \%PB + \%EE + \%MM)$.

Os coeficientes de digestibilidades aparentes foram obtidos a partir do consumo do nutriente e sua respectiva excreção nos cinco dias experimentais da coleta fecal. A PB metabólica fecal foi estimada por meio de adaptação ao teste de entidade nutricional relatado por Lucas e Smart (1959), que se baseia no ajustamento de regressão linear simples, segundo o modelo:

$$Y_i = \beta X_i + a + \epsilon_i \quad (1);$$

em que: Y_i = PB aparentemente retido ou digerido (g/dia); X_i = PB consumido (g/dia); β = coeficiente de digestibilidade verdadeira da PB; a = PB metabólico fecal (g/dia); e ϵ_i = erro aleatório, não observável, pressuposto NID (0; σ^2).

Para que o componente químico do alimento/dieta seja considerado entidade nutricional, validando-se, portanto, o processo de estimação, as seguintes restrições foram observadas (LUCAS; SMART, 1959):

$$0 \leq \beta \leq 1 \text{ (2);}$$

$$\alpha \leq 0 \text{ (3).}$$

Posteriormente, o intercepto dessas regressões, que representam a perda metabólica fecal da proteína bruta, foi descontado da excreção fecal desses para determinar a excreção de PB indigestíveis de origem alimentar para determinar a digestibilidade verdadeira dos mesmos.

Tabela 2 Composição química e bromatológica dos alimentos avaliados, expressa na base da matéria seca (%)

Análises (%MS)	Alimentos fornecidos		
	Grão de milho moído	Farelo de Soja	Silagem de milho
Matéria Seca (%MN)	87,2	88,2	28,2
Matéria Orgânica	98,6	92,6	93,2
Proteína Bruta	8,90	47,5	8,90
NIDN/N ¹ (%N Total)	10,2	5,92	9,40
NIDA/N ² (%N Total)	4,20	3,70	18,7
Extrato Etéreo	3,60	2,00	4,10
FDNcp ³	10,2	10,7	48,9
Fibra em detergente ácido	2,40	9,80	28,9
CNF ⁴	75,8	32,3	34,1
Lignina	5,10	2,00	9,20

¹Nitrogênio insolúvel em detergente neutro em função do nitrogênio total, ²Nitrogênio insolúvel em detergente ácido em função do nitrogênio total. ³Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, ⁴Carboidratos não fibrosos.

O balanço de compostos nitrogenados foi obtido pela diferença entre o total de nitrogênio ingerido e o total excretado nas fezes e na urina.

O nitrogênio metabólico fecal foi estimado por regressão do N absorvido (Y) e a ingestão de N (X), expressos em g/kg MS. As perdas endógenas urinárias foram estimadas por regressão entre a excreção urinária de N (Y) e a ingestão de N (X), expressas g/kg^{0,75}.

As perdas endógenas totais foram estimadas pela regressão entre o balanço de N (Y) e a ingestão de N (X), expressas em g/kg^{0,75}; todos representados pelo intercepto da equação de regressão (SOEST, 1994), considerando o intercepto dessa regressão como as exigências líquidas de proteína para manutenção.

O coeficiente de inclinação da regressão do N absorvido (Y, N ingerido menos o N fecal) na ingestão de N (X), foi utilizado para determinação da eficiência de utilização da proteína metabolizável para manutenção (AFRC, 1993).

A exigência de proteína metabolizável para manutenção foi determinada pela divisão da proteína líquida para manutenção pela eficiência de utilização da proteína metabolizável (AFRC, 1993).

As regressões para determinação das exigências de proteína para manutenção foram efetuadas utilizando-se o procedimento REG (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2003). O conteúdo médio da dieta de PB em cada nível de suplementação foi utilizado como variável independente para a interpretação dos efeitos dos tratamentos. Para análise de digestibilidade, consumo e balanço de compostos nitrogenados, procedeu-se à análise de variância, à decomposição ortogonal da soma de quadrados de tratamentos em efeitos de ordem linear e quadrática com o uso do procedimento GLM com posterior ajuste de regressões lineares do SAS 9.1 (SAS INSTITUTE, 2003), adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

O consumo MS, MO, FDN e EE não foram influenciados ($P>0,05$) pelos crescentes níveis de proteína bruta da dieta (Tabela 3), o que demonstra que os teores utilizados permitiram adequado crescimento microbiano no rúmen. Ítavo et al. (2002) também não encontraram diferença no consumo desses nutrientes utilizando dietas de 15 a 18% PB, em novilho Nelore.

Cavalcante et al. (2005), trabalhando com teores de PB entre 10,5 e 15%, e Obeid et al. (2006), com níveis de PB entre 9 e 15%, encontraram redução no consumo de EE. Os autores afirmaram que isto ocorreu por causa da menor proporção de milho nas dietas. Neste experimento, isto ocorreu apenas quando o consumo foi expresso em porcentagem do peso corporal e é explicado pelas diferenças entre teores de EE do milho e do farelo de soja (Tabela 2).

Como desejado, o consumo de PB (kg/dia e % peso corporal) aumentou linearmente ($P<0,05$) com a maior inclusão de proteína na dieta enquanto que o consumo de MS e MO (kg/dia e % peso corporal) não foram alterados.

O consumo de CNF expresso em kg/dia ou % de peso corporal obteve redução linear ($P<0,05$) com a elevação dos níveis de PB das dietas, o que ocorreu em virtude da redução do teor de milho na dieta quando se adicionou o farelo de soja para elevação dos teores de PB.

O consumo de NDT (kg/dia) aumentou linearmente ($P<0,05$) devido à troca de milho pelo farelo de soja, devido ao aumento na fração de CNF. O milho apresenta alto teor de CNF, com grande proporção de amido. Por outro lado, a soja possui alta participação de pectina na sua fração de CNF. O aumento no consumo de NDT pode ser decorrência da maior degradação ruminal do amido em relação à pectina (MIRON; YOSEF; BEM-GHEDALIA, 2001; MOURO et al., 2007).

Tabela 3 Consumo de nutrientes em tourinhos Red Norte alimentados com diferentes níveis de proteína bruta na dieta

Itens	Níveis de proteína bruta					Valor de P		R ²	EPM	Equações de regressão
	9	11	13	15	17	L	Q			
	kg/dia/animal									
Matéria Seca	6,70	6,97	6,98	6,56	7,33	0,476	0,691	0,012	0,400	Y= 6,81
Matéria Orgânica	6,00	6,21	6,18	5,77	6,40	0,736	0,706	0,002	0,359	Y= 6,03
FDN ¹	2,21	2,33	2,33	2,24	2,54	0,152	0,551	0,056	0,132	Y= 2,30
Extrato Etéreo	0,26	0,26	0,26	0,24	0,26	0,752	0,822	0,569	0,013	Y= 0,25
Proteína Bruta	0,63	0,81	0,96	1,03	1,31	<0,001	0,562	0,696	0,061	Y= 0,008 + 0,067X
CNF ²	2,90	2,80	2,63	2,26	2,25	<0,001	0,978	0,336	0,158	Y= 3,927 - 0,102X
NDT ³	3,55	3,78	3,98	3,89	4,44	0,011	0,687	0,228	0,227	Y= 2,56 + 0,099X
	% do Peso Corporal									
Matéria Seca	2,07	2,15	2,11	1,92	2,07	0,375	0,919	0,236	0,084	Y= 2,07
Matéria Orgânica	1,86	1,92	1,87	1,69	1,80	0,128	0,889	0,071	0,07	Y= 1,83
FDN ¹	0,68	0,72	0,70	0,65	0,72	0,864	0,808	0,001	0,024	Y= 0,67
Extrato Etéreo	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,003	0,709	0,188	0,002	Y= 0,09 - 0,001X
Proteína Bruta	0,19	0,25	0,29	0,30	0,37	<0,001	0,859	0,766	0,013	Y= 0,018 + 0,019X
CNF ²	0,89	0,86	0,80	0,66	0,63	<0,001	0,597	0,621	0,036	Y= 1,243 - 0,034X
NDT ³	1,14	1,21	1,24	1,19	1,34	0,078	0,002	0,621	0,060	Y= 1,24

¹Fibra em detergente neutro, ²Carboidratos não fibrosos, ³Nutrientes digestíveis totais

As digestibilidades aparentes totais da PB, MS, MO, CNF e os teores de NDT aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com o incremento dos níveis de proteína bruta nas dietas.

Entretanto, quando corrigidos para proteína metabólica fecal, os coeficientes de digestibilidade verdadeira da PB não foram influenciados pelo nível de proteína bruta na dieta, o que sugere que o aumento na digestibilidade aparente da PB é decorrente da diluição da fração metabólica fecal (Tabela 4) com o aumento no consumo de proteína dietética. O teste de entidade nutricional (Figura 1) resultou em uma fração de proteína metabólica fecal de 244,72 g PB/dia.

Hristov et al. (2004) e Reynal e Broderick (2003) ressaltaram que dietas com elevados teores de PB usualmente apresentam maior digestibilidade de nitrogênio, particularmente devido à diluição do nitrogênio metabólico fecal e aumento do consumo devido à maior digestibilidade dos alimentos.

A digestibilidade de CNF aumentou linearmente o que pode ser explicado pelo tipo de CNF da soja, a pectina pode apresentar maior digestibilidade como ressaltaram Queiroz et al. (2010) com estudos sobre alimentos proteicos (farelo de soja) e Alcalde et al. (2009) estudando cabritos com dietas a base de milho e casca de soja.

Tabela 4 Coeficientes de digestibilidade aparentes totais, digestibilidade verdadeira da proteína bruta e teores de nutrientes digestíveis totais, obtidos de tourinhos Red Norte alimentados com diferentes níveis de proteína bruta

Itens	Níveis de proteína bruta					Valor de P		R ²	EPM	Equações de regressão
	9	11	13	15	17	L	Q			
Matéria Seca	53,4	55,2	58,5	58,9	61,4	<0,001	0,836	0,33	1,781	Y= 58,2 + 0,491X
Matéria Orgânica	56,8	58,1	61,8	62,7	65,6	<0,001	0,964	0,40	1,735	Y=61,8 + 0,666X
Extrato Etéreo	52,7	51,3	54,4	62,6	67,2	0,005	0,253	0,58	4,540	Y= 56,8
CNF ¹	75,1	76,4	81,5	84,2	83,5	<0,001	0,198	0,51	1,504	Y= 80,7 + 0,936X
FDN ²	47,6	44,9	47,6	49,7	51,1	0,120	0,377	0,13	2,421	Y= 49,4
Proteína Bruta	32,9	39,1	50,8	53,8	59,6	<0,001	0,392	0,72	2,773	Y= 47,9 + 2,86X
D. Verdadeira PB	82,5	78,9	85,4	85,1	79,8	0,932	0,440	0,03	3,962	Y= 84,3
NDT ³	55,2	56,4	59,3	60,3	62,1	0,003	0,916	0,34	1,901	Y= 59,5 + 0,502X

¹ Carboidratos não fibrosos, ² Nutrientes digestíveis totais, ³ Fibra em detergente neutro.

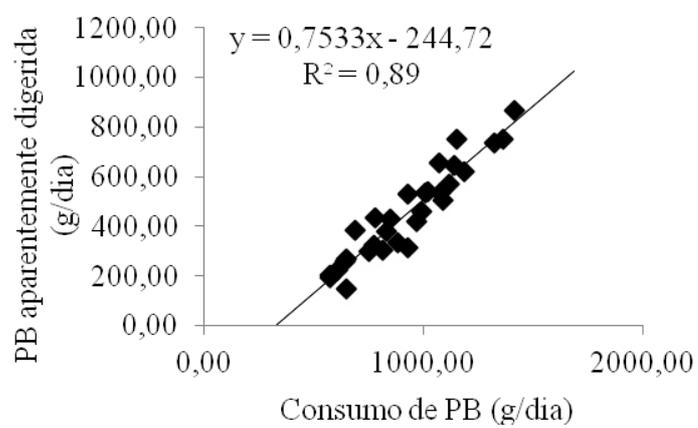


Figura 1 Relação entre o consumo de PB e a massa da PB aparentemente digerida

Tabela 5 Efeito dos níveis de proteína bruta dietética sobre nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio fecal (NF), nitrogênio urinário (NU) e balanço de compostos nitrogenados (BN)

Item	Níveis de proteína (%)					EPM ²	Contraste ¹		Equações de regressão
	9	11	13	15	17		L	Q	
	N g/kg ^{0,75}								
NI	1,32	1,70	2,40	2,60	3,25	0,207	<0,001	0,905	Y= -0,8497 + 0,226X
NF	0,90	1,08	0,97	0,96	0,95	0,150	0,945	0,317	Y= 0,936
NU	0,15	0,20	0,34	0,60	0,74	0,145	<0,001	0,1796	Y= -0,6470 + 0,078X
BN	0,30	0,41	1,08	1,03	1,55	0,199	<0,001	0,726	Y= -1,043 + 0,1410X
	N g/dia					EPM ²			
NI	100,89	130,68	186,38	206,33	255,89	21,60	<0,001	0,913	Y= -72,77 + 18,10X
NF	68,70	83,09	75,66	75,99	79,48	13,11	0,736	0,332	Y= 72,86
NU	11,73	16,17	27,04	47,64	59,31	11,62	<0,001	0,179	Y= -52,79 + 6,26X
BN	27,10	35,50	80,40	74,36	121,10	15,54	<0,001	0,256	Y= -81,79+ 11,02X

Contraste¹- Efeito de ordem linear (L) e quadrática (Q), EPM² erro padrão da média.

A excreção N na urina e o balanço de N aumentaram linearmente com o aumento do teor de PB na dieta. (Tabela 5). Entretanto, o N fecal não foi afetado pelo teor proteico das dietas. Segundo Soest (1994), a excreção de nitrogênio na urina é maior quando a concentração de proteína bruta na dieta e a ingestão de nitrogênio pelo animal aumentam. Valadares et al. (1997) também observaram maior excreção de nitrogênio na urina de novilhos zebuínos em função do aumento do teor proteico da dieta.

O aumento linear da excreção urinária foi de 6,26 g/dia para cada unidade percentual de aumento de PB na dieta, o que foi inferior ao encontrado (CAVALCANTE et al., 2006) de 9,23 g/dia.

Desta forma, o excesso de proteína na formulação inadequada da dieta pode ocasionar em desperdício de N, maior gasto de energético para eliminar este excesso de N, e liberação excessiva de ureia via urina que poderá ser utilizada como substrato para a formação de óxido nitroso pelos organismos do solo, o que denota a importância do atendimento exato das exigências de proteína.

A demanda de proteína para manutenção é igual às perdas inevitáveis de proteína por descamação, perdas na urina e nas fezes. Apesar da excreção do N elevar-se com o aumento de N ingerido (VALADARES et al., 1997; VERÁS et al., 2007), apenas parte destas perdas são relacionada às perdas endógenas. A Figura 2 apresenta a exigência líquida de proteína para manutenção que foram obtidas como sendo o intercepto da regressão entre o nitrogênio retido e o nitrogênio consumido. Multiplicando-se o valor de 0,4807 por 6,25, obtém-se o valor de 3,0 g PB/PV^{0,75}.

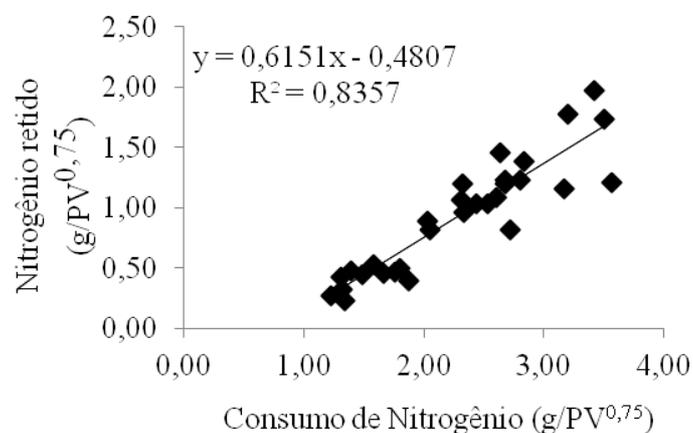


Figura 2 Relação entre nitrogênio retido e o consumo de nitrogênio

Para converter as exigências líquidas de proteína em exigência de proteína metabolizável para manutenção dos tourinhos Red Norte, utilizou-se o fator 0,673, que foi obtido através da relação entre o nitrogênio retido e nitrogênio absorvido (Figura 3). Este valor é similar ao recomendado pelo NRC (1985) de 0,67. Portanto, o teor de PM para manutenção foi igual a 4,46 g PB/PV^{0,75}. O BR- Corte (MARCONDES et al., 2010) adotou o valor de exigência de PMm de 4 g PB/PV^{0,75} para animais zebuínos.

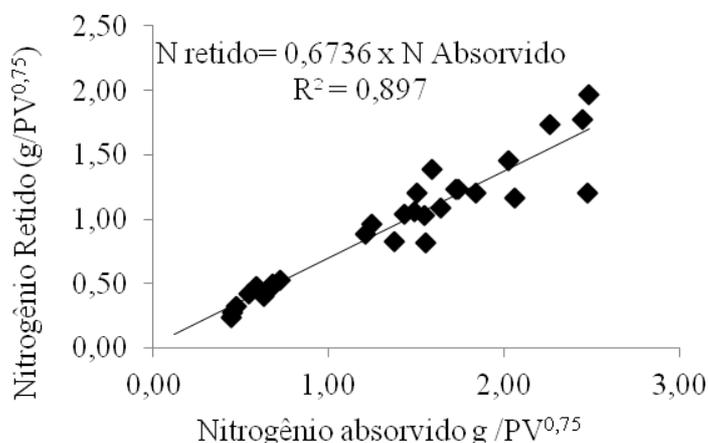


Figura 3 Relação entre nitrogênio retido e o nitrogênio absorvido

A maior excreção endógena leva a uma maior perda líquida de aminoácidos e, como esses são amplamente catabolizados ou excretados pelas células intestinais, a reciclagem (turnover) de aminoácidos deverá ser maior para que existam aminoácidos disponíveis para a síntese de proteína para o muco, epitélio intestinal e o complexo enzimático envolvido na digestão, aumentando a produção de calor associada ao turnover proteico. A maior exigência de PMm encontrada neste estudo, em relação ao valor preconizado pelo BR- Corte, pode ter o turnover proteico como uma das explicações (PORTO et al., 2012; RESENDE et al., 2008).

Animais com taxas elevadas de turnover proteico são mais exigentes e menos eficientes. O turnover é regulado por vários sistemas enzimáticos, sendo a calpaína o principal envolvido no processo de síntese e degradação muscular. Este sistema funciona a partir de duas enzimas antagônicas, as calpaínas e as calpastatínas, sendo a calpastatína inibidor da calpaína, promovendo redução na taxa de degradação de proteína muscular e melhor eficiência de deposição muscular (GOLL et al., 2008). No entanto esta menor degradação prejudica a

maciez da carne em animais mais eficientes (CAFE et al., 2010). Andrade et al. (2010), estudando a qualidade de carne Red Norte e Nelore constataram maior maciez em animais Red Norte em comparação aos animais Nelore, o que poderia estar associado a um turnover proteico superior, que corrobora a maior perda de N endógeno dos animais Red Norte em relação aos Nelores utilizados por Veras et al. (2007).

4 CONCLUSÃO

As perdas metabólicas fecais afetam a digestibilidade aparente da proteína bruta. Tourinhos Red Norte apresentaram 4,46 g PB/PV^{0,75} como exigência da proteína metabolizável para manutenção.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159 p.

ALCALDE, C. R. et al. Valor nutritivo de rações contendo casca do grão de soja em substituição ao milho moído para cabritos Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 11, p. 2198-2203, nov. 2009.

ANDRADE, P. L. et al. Aged meat quality in Red Norte and Nellore cattle. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, MG, v. 39, n. 8, p. 1791-1800, 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Washington, 1990. 1213 p.

BRINKS, J. S. Utilizing breed differences in developing composites. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 1., 1996, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBMA, 1996. p. 1-9.

CAFE, L. M. et al. Production and processing studies on calpain-system gene markers for tenderness in Brahman cattle: 1., growth, efficiency, temperament, and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, n. 9, p. 3047-3058, Sept. 2010.

CAVALCANTE, M. A. B. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: consumo, digestibilidade total e desempenho produtivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 711-719, maio/jun. 2005.

_____. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 203-210, jan./fev. 2006.

FIGUEIRAS, J. F. et al. Intake and digestibility in cattle under grazing supplemented with nitrogenous compounds during dry season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 6, p. 1303-1312, nov./dez. 2010.

GOLL, D. E. et al. Myofibrillar protein turnover: the proteasome and calpains. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. E19- E35, 2008. Supplement.

HALL, M. B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis: a laboratory manual**. Gainesville: University of Florida, 2003. 42 p. (Extension Bulletin, 339).

HRISTOV, A. N. et al. Effect of dietary crude protein level and degradability on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, Champignon, v. 82, n. 11, p. 3219-3229, Nov. 2004.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE.
Alimentation de bovines, ovins et caprins. Paris, 1988. 192 p.

ÍTAVO, L. C. V. et al. Níveis de concentrado e proteína bruta na dieta de bovinos nelore nas fases de recria e terminação: consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 1033-1041, mar./abr. 2002.

LUCAS, H. L.; SMART, W. W. G. Chemical composition and the digestibility of forages. In: PASTURE AND CROP IMPROVEMENT CONFERENCE, 16., 1959, Mississippi. **Proceedings...** Mississippi: Mississippi State University, 1959. p. 23-26.

MARCONDES, M. I. et al. Exigência nutricional de proteína para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S. C. et al. (Ed.). **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados: BR-CORTE**. Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 114-133.

MIRON, J.; YOSEF, E.; BEM-GHEDALIA, D. Composition and in vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected by products feeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 5, p. 2322-2326, 2001.

MOURO, G. F. et al. Fontes de carboidratos e porcentagem de volumosos em dietas para ovinos: balanço de nitrogênio, digestibilidade e fluxo portal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 489-498, mar./abr. 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academy, 2000. 242 p.

_____. **Ruminant nitrogen usage**. Washington: National Academy, 1985. 138 p.

OBEID, J. A. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para bovino de corte: consumo, digestibilidade e desempenho produtivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2434-2442, nov./dez. 2006.

PORTO, M. O. et al. Nutritional requirements of energy, protein and macrominerals for maintenance and weight gain of young crossbred Nelore × Holstein bulls on pasture. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 3, p. 734-745, mar. 2012.

QUEIROZ, M. A. A. et al. Características físico-químicas de fontes proteicas e suas interações sobre a degradação ruminal e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 7, p. 1587-1594, jul. 2010.

RENNÓ, L. N. et al. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupo genético: parâmetros ruminais, ureia plasmática e excreções de ureia e creatina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 556-562, maio/jun. 2008.

RESENDE, K. T. et al. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 161-177, 2008. Número especial.

REYNAL, S. M.; BRODERICK, G. A. Effect of dietary level of rumen-degraded protein on production and nitrogen metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champignon, v. 88, n. 11, p. 4045-4064, Nov. 2005.

SOEST, P. J. van. **Nutritional ecology of ruminant**. 2nd ed. London: Comstock, 1994. 476 p.

SOEST, P. J. van; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy

cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, Oct. 1991.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS procedures guide for computers**. Version 9.1. Cary, 2003. Software.

VALADARES, R. F. D. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos: 4., concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 1270-1278, nov./dez. 1997.

VÉRAS, R. M. L. et al. Balanço de compostos nitrogenados e estimativa das exigências de proteína de manutenção de bonivos Nelore de três condições sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1212-1217, jul./ago. 2007.