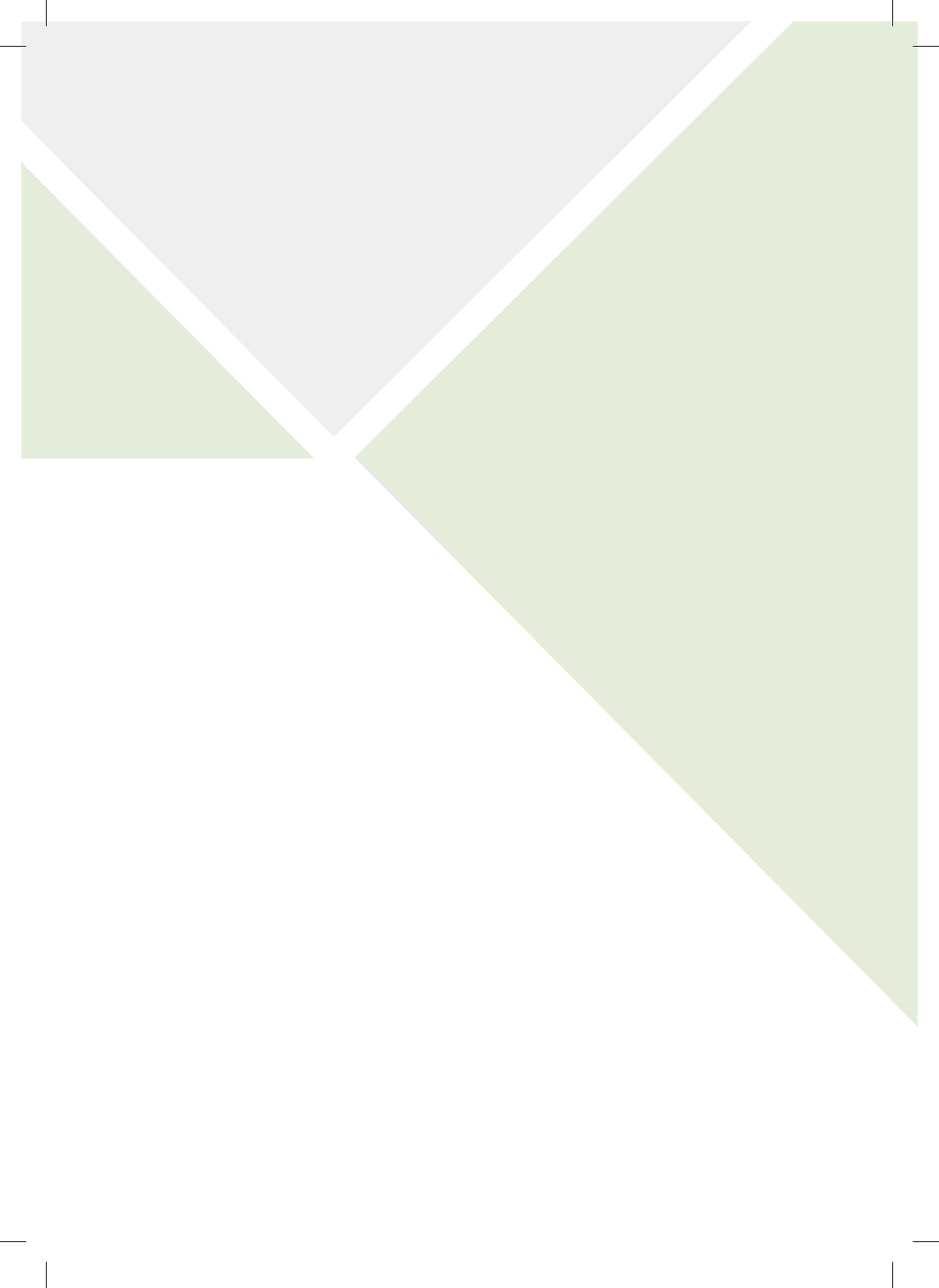


3

CAPÍTULO

Proteínas na nutrição de bovinos de corte

*Sérgio Raposo de Medeiros
Carolina Tobias Marino*



Apesar da proteína remeter à palavra grega *proto*, que significa “primeiro” ou “mais importante”, há um consenso que este nutriente não é o fator limitante na produção animal e sim a energia. Todavia, para melhores resultados de produção o que importa é ter o melhor balanço entre os nutrientes. Além disso, para aumentar o desempenho animal é fundamental identificar o recurso nutricional limitante em cada situação específica.

No caso da proteína para ruminantes, veremos que, além da concentração de proteína, é fundamental conhecer também as várias frações em que a dividimos por interesses nutricionais.

Vários aspectos são responsáveis pelo grande interesse nos teores de proteína, das quais destacamos: 1) há muitas situações em que a proteína pode ser o nutriente mais limitante à produção, permitindo respostas de aumento de produção através de sua suplementação, 2) é um nutriente de alto custo por unidade (R\$/ponto percentual de proteína); 3) a nutrição energética depende da nutrição proteica, isto é, deficiências de energia podem ocorrer em função da deficiência proteica ou pela falta de balanceamento das várias frações da proteína.

CONCEITO DE PROTEÍNA BRUTA

Proteínas são substâncias compostas por uma sequência de aminoácidos unidos por ligações covalentes, cuja extensão pode ultrapassar milhares de aminoácidos em conformações bastante complexas, como no caso das enzimas. As enzimas são as grandes responsáveis pela dinâmica bioquímica, ou seja, os eventos vitais para o animal, incluindo a expressão das informações genéticas das células.

Cadeias com menos de 60 aminoácidos são considerados *polipeptídios*, apesar de não existir um rigor absoluto quanto a isto. *Peptídeo* é a molécula resultante da união de dois aminoácidos. Aminoácidos, como o próprio nome denuncia, são moléculas que apresentam um grupo amina, cujo elemento característico é o nitrogênio (N). Para sabermos o teor de *proteína* na amostra simplesmente *determinamos o N da amostra*. A conversão de N total para proteína é feita pelo fator 6,25. Esse fator baseia-se na premissa que, em média, o N corresponde a 16% do peso da proteína total dos alimentos. Isso nem sempre é verdade (Ver Tabela 3.1). Por não diferenciar entre N que realmente participa da constituição da proteína do N que não faz parte desta (nitrogênio não proteico), foi dado o nome de *proteína bruta* para esse componente nutricional do alimento.

A Tabela 3.1 mostra que, no caso da proteína da folha do milho, o fator 6,25 estaria subestimando a proteína deste em 10%, mas que, no caso da lã haveria uma superestimativa de cerca de 11%. Essas incorreções não comprometem o uso da PB na nutrição de ruminantes cujo uso tem sido bem sucedido para as fontes usuais de proteína. Todavia, é fundamental desmembrar com maiores detalhes a fração proteína bruta, para podermos formular corretamente uma dieta.

A composição típica da proteína de forragens nas frações que interessam o nutricionista animal corresponde a 20-30% de nitrogênio não proteico (NNP), 60-70% de proteína verdadeira disponível (PVer) e 4-15% de proteína

TABELA 3.1. Porcentagem de Nitrogênio de vários alimentos e o fator para transformar a quantidade de N em proteína¹.

FORNE	NITROGÊNIO (% DA MATÉRIA PROTEICA)	FATOR ²
Lã	17,8	5,61
Alfafa	15,8	6,33
PMV ³	15,0	6,67
Folhas de Milho	14,4	6,94
Parede celular de microrganismos	7,1	14,00

¹Valores apenas em proteína verdadeira; ² Fator para converter a quantidade de N para o valor equivalente em proteína. É o inverso da % de matéria proteica (1/%N; Exemplo: 100/16=6,25); ³PMV = Proteína microbiana verdadeira.
Fonte: Adaptado de Van Soest (1994).

ligada à fibra em detergente ácido (PIDA), que é considerada indisponível. Na sequência, detalhamos essas frações.

▶ FORMAS DE PROTEÍNA NOS ALIMENTOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA NUTRIÇÃO

Proteína degradável no rúmen (PDR)

A proteína degradável no rúmen (PDR) é a proteína que, potencialmente, está disponível para ser usada pelos microrganismos ruminais. A maior parte da PDR se transforma em amônia no rúmen, sendo que uma pequena parte é proteolizada a aminoácidos e pequenos polipeptídeos que também são utilizados pelos microrganismos do rúmen.

Há a possibilidade de, mesmo havendo excesso de proteína na dieta, as bactérias ruminais apresentarem deficiência proteica. Essa situação pode ocorrer se as fontes tiverem baixa degradabilidade proteica, não havendo disponibilização adequada de N para as bactérias ruminais. Como as bactérias são as principais responsáveis pela degradação da fibra, o resultado é a redução da taxa de passagem, aumento do enchimento ruminal e consequente redução na ingestão de matéria seca.

Pode ocorrer o inverso, ou seja, haver excesso de proteína degradável, em relação à capacidade de síntese proteica do rúmen. A síntese proteica microbiana ruminal depende da energia fermentativa da dieta e da eficiência de crescimento microbiano no rúmen. Essa eficiência, para dietas dentro da faixa usual é considerada 130 g de proteína microbiana para cada quilograma de matéria orgânica fermentável. Decorre daí a relação prática que indica que devemos fornecer 13% do NDT como proteína degradável no rúmen.

A exigência de proteína degradável no rúmen (PDR) para atender as exigências de crescimento dos microrganismos, portanto, está relacionada com a quantidade de energia fermentada no rúmen. Assim, recomenda-se

a suprir PDR na quantidade equivalente entre 12% e 13% da concentração de energia na forma de nutrientes digestíveis totais (NDT). Assim, uma dieta com 7,0 kg de NDT exige entre 0,84 kg e 0,91 kg da matéria seca como PDR.

Vale ressaltar que deficiência em PDR diminui o consumo de alimento e compromete o desempenho, conforme já comentado acima, mas que o excesso também pode comprometer o desempenho ao reduzir a disponibilidade de energia para ganho de peso: Valores de PDR muito superiores a 13% dos NDT resultam em excesso de N na corrente sanguínea, que precisa ser excretado. A excreção de N tem alto custo energético e “desvia” energia que poderia ser usada para a produção. Esse prejuízo para o desempenho do animal é chamado de “custo ureia”. Valores de proteína degradável no rúmen, portanto, são essenciais para correta formulação, visando funcionamento ruminal ótimo.

Nitrogênio não proteico (NNP)

Para a maioria dos alimentos, uma parte da proteína degradável sempre é representada por nitrogênio não proteico (NNP). Em dietas bem balanceadas, todo esse NNP é considerado como proteína disponível para o animal, pois será incorporado aos microrganismos ruminais, transformando-se em proteína microbiana. A proteína microbiana tem excelente qualidade em termos de composição em aminoácidos (isto é, tem alto valor biológico). A capacidade de usar NNP é uma das grandes vantagens dos ruminantes em relação aos monogástricos, para os quais o termo PB não faz sentido.

O bom balanceamento referido no parágrafo anterior consistiria em se respeitar os 13% do NDT como proteína degradável e fazer com que no máximo 2/3 desta PDR esteja na forma de NNP. Aqui vale a pena lembrar que todos os alimentos têm alguma porção de NNP e esta deve ser reconhecida para a formulação de dietas e não apenas o NNP proveniente da ureia, por exemplo.

Alimentos e NNP

O NNP nas forragens consiste, basicamente, de aminoácidos não essenciais, peptídeos, amidas, aminas, ácidos nucleicos e amônia. Forragens frescas apresentam variação entre 14 a 34% de NNP na PB. Nitratos podem ocorrer também no NNP das forragens com teores chegando até 10% da PB em gramíneas logo depois da aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Forragens conservadas apresentam valores maiores de NNP, devido à proteólise que ocorre no processo de fermentação. O feno tem, em média, entre 15 a 25% de NNP na PB. Em silagens, com boa preservação, cerca de 30 a 65% da PB corresponde a NNP, mas cerca de metade deste N é representada por aminoácidos, com amônia e aminas não voláteis (cadaverina, putrescina) representando o restante.

São as próprias enzimas das plantas (proteases e peptidases) que são as principais responsáveis pela transformação de proteína verdadeira em NNP. Secagem rápida e rápido abaixamento de pH diminuem a proteólise e resguardam maior proporção de proteína verdadeira intacta.

Mesmo com o NNP próximo a 65%, a silagem pode ser considerada de boa qualidade. Em silagens com fermentação inadequada (lenta e/ou insuficiente), as aminas e o NH_3 podem aumentar bastante devido a maior proteólise. O teor de amônia (NH_3), como percentual do N total da silagem, é considerado um dos melhores indicadores individuais para qualidade da silagem. Valores superiores a 10% de NH_3 no N total da dieta indicam ter havido problemas de fermentação e que a silagem tem problema de conservação. Há a recomendação que a análise de teor de NH_3 seja realizada em amostra de silagem com, pelo menos, 120 dias de fechamento do silo como forma de garantir a estabilidade da leitura, pois medidas anteriores podem deixar de pegar alterações posteriores por fermentações secundárias.

Uma fonte que é 100% NNP é a ureia. A ureia é largamente utilizada na nutrição de ruminantes, pois costuma ser a fonte mais barata de proteína bruta. Cem gramas de ureia tem o equivalente em N a aproximadamente 280 g de PB, sendo que esta premissa é resultado simplesmente da multiplicação do teor de N da ureia (45%), pela relação média deste na PB ($100/16 = 6,25$), já citada anteriormente, ou seja: $45 \times 6,25 = 281,25$. A grande maioria dos outros alimentos que não forragem tem 12% ou menos de NNP.

Considera-se que a maior parte de todas as formas de NNP, uma vez ingeridas, são rapidamente transformada em amônia e disponibilizada para os microrganismos ruminais.

Proteína verdadeira

A proteína verdadeira seria a PB menos o NNP e também a proteína ligada à fibra detergente ácido (PIDA), conforme mostrado na Figura 3.1, abaixo.

Sua importância pode ser explicada, pois: (1) Certas bactérias precisam para seu ótimo desenvolvimento, além de amônia, de proteína verdadeira. Mais especificamente, são importantes para bactérias que degradam carboidratos não estruturais; (2) Um mínimo de 20% da PDR como proteína verdadeira (PV) é recomendado para melhorar a eficiência das bactérias celulolíticas na presença de isoácidos produzidos pela deaminação de aminoácidos com cadeia ramificada. É bom ressaltar, todavia, que as bactérias celulolíticas têm como principal fonte de N o nitrogênio amoniacal (N-NH_3).

Esse seria um dos motivos para a limitação do NNP na PDR. De fato, estabelecer esse mínimo de PV é a melhor maneira de se limitar o fornecimento da ureia. O máximo de ureia usualmente considerado, levando-se em conta

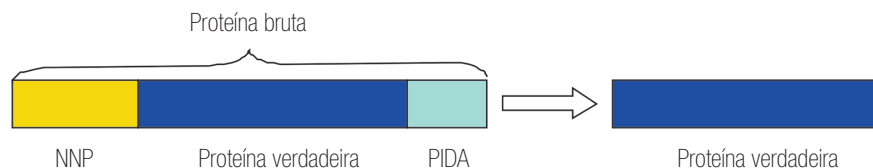


FIGURA 3.1.

Ilustração de proteína verdadeira, mostrando que ela é a diferença entre a PB e a soma do NNP (% da PB) e da PIDA ($\text{NIDA} \times 6,25$).

o nitrogênio não proteico dos demais constituintes dos alimentos e mais alguma margem de segurança, estaria entre 40% a 50% da proteína degradável no rúmen (PDR), mas pode-se chegar até quase 2/3 de NNP sem problemas.

Um ponto interessante relativo à Proteína Verdadeira é que a PVer de origem de folhas tem maior valor biológico que PVer de origem de grãos (ou das tortas dos grãos após a retirada do óleo, como farelo de soja, farelo de algodão, entre outras). A explicação para isso seria que as folhas sintetizam todos os aminoácidos uma vez que a sobrevivência da planta depende do funcionamento de inúmeras proteínas, enquanto que as sementes têm apenas os aminoácidos para a plântula que, em seguida, será capaz de sintetizar todos os seus aminoácidos. Uma PVer com baixo valor biológico (perfil de aminoácidos desfavorável) é uma vantagem adaptativa para tornar as sementes menos desejáveis pelos animais.

Proteína ligada à fibra (NIDN, NIDA) e suas implicações na nutrição

Nitrogênio ligado à fibra em detergente neutro (NIDN)

Uma parte da proteína está associada à fibra, ligada aos polissacarídeos da parede celular provavelmente através de ligações covalentes, o que explicaria sua baixa solubilidade. A baixa solubilidade, por sua vez, seria a razão para essa fração apresentar menores taxas de degradação, em relação às demais frações proteicas.

O calor aumenta bastante o teor de N ligado à FDN. Ele também é chamado de N insolúvel em detergente neutro (NIDN), pela coagulação e desnaturação das proteínas. Sendo mais intenso, o aquecimento pode provocar as reações de “Maillard”, discutido a seguir, e deixar a proteína indisponível, incorporando-a na FDA. Essa fração é conhecida como Nitrogênio insolúvel em Detergente Ácido (NIDA). Condições predisponentes para a ligação do NIDA são: 1) Presença de açúcares redutores; 2) Umidade e 3) Calor (especialmente temperaturas acima de 50-60° C).

Para a maioria das forragens que não tenham passado por processo que envolva aquecimento, o NIDN costuma ser menor que 1,5% do FDN no N total (próximo a 10% de PB no FDN). Para muitos concentrados, todavia, uma substancial porção do FDN pode ser representada pelo NIDN. Para resíduo de cervejaria, por exemplo, perto de 3,2% do FDN pode ser representado por NIDN. Esse valor pode ser o dobro para grãos secos de destilaria. É importante observar que esses 10% de PB no FDN (=100g de PB por kg de FDN) podem representar até mais que 60% da PB da forragem ligada ao FDN.

Na Tabela 3.2 são apresentados valores obtidos no laboratório de nutrição animal da Embrapa Gado de Corte para duas forrageiras tropicais em pastejo rotacionado, sendo que a *Brachiaria brizantha* tinha 28 dias de crescimento e o capim Tanzânia (*Panicum maximum*), 33 dias. Vale lembrar que os valores expressos como NIDN como porcentagem do N total da amostra equivalem aos valores expressos como PBIDN em porcentagem da PB total. Por exemplo, 60% PBIDN na PB total, como citado no parágrafo anterior, equivalem a 60% de NDIN no N-Total.

TABELA 3.2. Valores médios de N ligado a FDN de *Brachiaria brizantha*, pré e pós pastejo, e capim Tanzânia como porcentagem N total (Luz, 2003).

PARTE DA PLANTA OU COMPOSIÇÃO DESTAS	NIDN, % N-TOTAL			
	B. BRIZANTHA		TANZÂNIA	
	MÉDIA	DP ²	MÉDIA	DP
Folha (F)	23,8	5,5	43,1	10,6
Haste (H)	25,7	3,2	36,2	7,5
Morto (M)	30,8	5,0	47,7	13,2
F+H+M ¹	25,4	3,8	44,1	4,8

¹:Valor de NIDN das frações ponderando em função da porcentagem Folha (F), de Haste (H) e Material Morto (M);

²:DP = Desvio Padrão.

Nitrogênio ligado à fibra em detergente ácido (NIDA)

Como acima mencionado, a reação de “Maillard” envolve a condensação de açúcares redutores com grupos amino (NH₂) livres dos aminoácidos e posterior polimerização. Havendo a reação completa, a polimerização resulta na indisponibilidade total do N, como NIDA. Na verdade, considera-se que, apesar de uma parte do NIDA ser digestível, a mesma não seria aproveitável pelo organismo. Dessa forma, assume-se a premissa de que a eventual quantidade de NIDA que não seja recuperado nas fezes não faz diferença, pois ela é compensada pelo fato das formas absorvidas não serem metabolizáveis. O NIDA pode ser transformado em PB ligada ao FDA (PIDA), simplesmente multiplicando-o por 6,25. A análise química de PIDA tem sido utilizada para medir a proteína bruta indisponível dos alimentos para ruminantes.

O valor usual de PIDA em % da PB fica em torno de 4 a 7%, o que equivale a dizer que, normalmente, entre 93-96% da proteína bruta está disponível. Mas há grande variação como pode ser visto na Tabela 3.3.

Análise de proteína degradável no rúmen (PDR)

A análise da degradabilidade da PB não costuma ser uma análise de rotina e costuma-se usar valores de tabela. Existem dois métodos mais usados, descritos a seguir.

Degradabilidade In Situ

A maneira mais popular para determinar a degradabilidade da PB é a incubação do alimento dentro de sacolinhas de “Nylon” ou “Dacron”, conhecida como degradabilidade *in situ*. Nela, coloca-se um peso conhecido do alimento dentro de sacolinhas de “Nylon” que são depositadas no rúmen

TABELA 3.3. Valores da fração nitrogenada em detergente ácido como porcentagem na PB, teor de PB total, PB disponível (PBD) e relação PBD/PB (disponibilidade) de vários alimentos.

ALIMENTO	PIDA, %PB	PB, %	PIDA, %MS	PBD, %MS	DISPONIBILIDADE
Feno alfafa, passado	20,0	14,0	2,8	11,2	80%
Casca de soja	14,0	12,2	1,7	10,5	86%
Polpa Citrus Peletizada	11,0	6,7	0,7	6,0	89%
Farelo de canola	10,0	40,9	4,1	36,8	90%
Resíduo de cervejaria	10,0	26,0	2,6	23,4	90%
Farelo Algodão 38-41%	8,0	46,1	3,7	42,4	92%
Caroço de algodão	6,0	23,0	1,4	21,6	94%
Soja Extrusada	6,0	42,8	2,6	40,2	94%
Farelo de soja 49%	2,0	49,9	1,0	48,9	98%
Protenose 60%	2,0	66,3	1,3	65,0	98%
Refinazil/Promil	2,0	23,8	0,5	23,3	98%

Adaptado de Fox et al. (2000).

e retiram-se estas com diferentes tempos de incubação. Elas são lavadas, secas e pesadas. De todas as sacolinhas, incluindo um “branco”, que é amostra do tempo de incubação zero (i.e. que não foi colocado no rúmen) é analisado o teor de N. O desaparecimento do N pode ser então avaliado no tempo e descobre-se sua taxa de degradação e a degradabilidade potencial. Com esses dados é possível estimar a degradação efetiva para qualquer tempo de retenção.

O método *in situ* não reflete exatamente o que ocorre *in vivo*, ao contrário de que possamos acreditar por ser um método que envolve uso do animal, uma vez que:

- 1) A solubilidade da proteína (tempo zero) seria superestimada (perda de material indegradável menor que o poro);
- 2) A taxa de degradação é subestimada (contaminação microbiana);
- 3) A fração indigestível seria superestimada (contaminação microbiana).

Todavia, para determinar a degradabilidade da proteína (ou o escape de proteína indegradada), é considerado um método bastante útil.

Degradabilidade In Vitro

Outra forma de medir a degradabilidade é através da digestão enzimática *in vitro*. Normalmente, são usadas neste método enzimas comerciais que tem pH ótimo de atuação diferente das enzimas microbianas ruminais.

Outro problema do método é que pequenas variações na qualidade e atividade das enzimas resultam em grandes variações no resultado, portanto é um método com grande variação analítica.

Apesar de tudo isso, há suporte na literatura para recomendar seu uso para prever o escape ruminal da proteína microbiana.

Degradabilidade e taxa de passagem

Há críticas quanto ao uso de um valor fixo de degradabilidade da PB para os alimentos, pois, em função do tempo de retenção dela no rúmen, a degradabilidade pode variar.

Exemplificando, vamos supor que determinado alimento tivesse degradabilidade de tabela de 70%, mas esse valor fosse atingido com 16 horas de incubação. Se, em função da dieta, ocorrer uma maior taxa de passagem, e o alimento permanecer apenas 12 horas no rúmen, a degradabilidade será reduzida.

Mais uma vez, a prática mostra que os valores fixos de tabela, apesar de nem sempre representarem efetivamente o que ocorre no animal, são satisfatórios na formulação de dietas. Ainda sim, modelos, como o CNCPS, da Universidade de Cornell, estão sendo desenvolvidos, de tal forma que o grau de degradação das várias frações proteicas seja estimado mecanisticamente.

Solubilidade e degradabilidade: existe relação?

Apesar de alguns laboratórios fazerem análise de solubilidade de proteína, a relação entre esse resultado e a degradabilidade proteica nem sempre procede e, considerando-se alimentos em geral, na verdade é baixa. São vários os motivos que explicam isso:

- 1) Diferentes solventes resultam em estimativas de solubilidade diferentes;
- 2) Proteínas solúveis apresentam diferente suscetibilidade à degradação pelas enzimas ruminais. Exemplo: caseína é rapidamente degradada, albumina, muito mais vagarosamente;
- 3) Não há necessidade de a proteína ser solubilizada para ser degradada porque as bactérias se ligam às proteínas insolúveis e os protozoários engolfam partículas alimentares, degradando-as;
- 4) Proteínas solúveis podem sair do rúmen intactas proporcionalmente em maior quantidade que as insolúveis devido à sua associação com a fase líquida e, portanto, ficarem menos tempo no rúmen;

METABOLISMO DE PROTEÍNA

Degradação ruminal da proteína

O processo de degradação ruminal de proteína é bastante eficiente, havendo abundância de enzimas proteolíticas que reduzem as proteínas a peptídeos. Esses peptídeos são proteolisados por bactérias que degradam proteínas levando-os até aminoácidos, degradando-se esses, por sua vez,

em amônia e esqueletos carbônicos. Os esqueletos carbônicos podem ser fermentados ou participarem da composição de microrganismos. A amônia pode ser utilizada para a síntese microbiana, desde que haja energia para tal, ou difundir-se no fluido ruminal.

Destinos da proteína nos ruminantes

Os caminhos que as diferentes frações de proteína seguem ao longo do trato gastrointestinal nos ruminantes são diversos, mas basicamente podem ser descritos como abaixo:

- A proteína é ingerida e, dependendo de suas características intrínsecas e do ambiente ruminal vai ser mais ou menos degradada. De forma geral, cerca de 40-80% da proteína da dieta é degradada, dando origem à amônia e polipeptídeos que vão atender as exigências dos microrganismos ruminais. No caso da proteína degradada no rúmen, o seu aproveitamento vai depender das condições ruminais, particularmente da disponibilidade de energia para que sejam incorporadas como proteína microbiana. Um aspecto importante disso é que essa energia provém, basicamente, da fermentação de carboidratos.
- A parte da proteína que não é degradada no rúmen vai passar para o TGI, constituindo-se na proteína não degradável no rúmen, também referida como proteína sobrepassante ou “by pass”.
- A proteína microbiana passa ao trato gastrointestinal inferior (TGI) e, junto com a proteína sobrepassante, representa a proteína digestível disponível para absorção.
- Em dietas bem balanceadas, considera-se que a soma destas duas fontes proteicas (proteína microbiana e proteína não degradável no rúmen) provê a mesma quantidade do que a proteína originalmente ingerida (PB ingerida = PB microrganismos + PB sobrepassante).
- Havendo excesso de PDR, ocorre um aumento na concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) que é absorvido pelo rúmen e vai para a circulação sanguínea.
- Essa amônia pode voltar ao rúmen através da saliva e da própria parede ruminal, em um processo conhecido como reciclagem, ou ser detoxificada no fígado. A detoxificação é a transformação de NH_3 em ureia no ciclo da ornitina, que, conforme já comentado acima, tem alto custo energético. Portanto, o excesso de PDR deve ser evitado tanto pelo desperdício deste nutriente, como do custo em se livrar de seus metabólitos.
- Por fim, há PB nas fezes que provêm de porções indigestíveis dos alimentos e da proteína microbiana, além de proteína metabólica fecal, material de origem endógena do animal (como secreções intestinais e descamação do tecido gastrointestinal).

Síntese de proteína microbiana no rúmen

A proteína microbiana (PBm) usualmente provê de 50% a 100% das exigências de proteína dos animais, dependendo do correto balanceamento

da dieta, da degradabilidade da proteína e sua composição, bem como do nível de exigência do animal em questão.

Aproximadamente 60 a 90% da proteína que chega ao intestino delgado são de origem microbiana, dependendo principalmente dos ingredientes da dieta. Considerada uma proteína de alto valor biológico com perfil de aminoácidos semelhante à da caseína. Como ela pode ser produzida com o uso de fontes de NNP, que são muito mais baratas do que fontes de proteína verdadeira, a maximização da produção de proteína microbiana através destas fontes de N são uma excelente forma de fazer dietas mais econômicas.

Relação entre energia e síntese de proteína microbiana

A produção de PBm está diretamente ligada à fermentação dos carboidratos no rúmen. Por esse motivo, atualmente, apesar da fermentação pós-ruminal de carboidratos ser mais eficiente energeticamente, pois se evitam as perdas decorrentes da fermentação, tem-se recomendado priorizar a degradação de carboidratos no rúmen, com a ressalva de que não haja quedas drásticas ou expressivas de pH ruminal.

A relação entre NDT e síntese de proteína microbiana para dietas convencionais, equivalente à exigência de PDR, é de 130 g PDR/kg de NDT. Essa relação se mantém mais ou menos constante e se reduz nos extremos, ou seja, dietas com muito pouca energia e dietas com muita energia. Na Figura 3.2, abaixo, mostra-se graficamente este fato, alertando o leitor para o fato de que a parte da curva que mantém constante a necessidade de PDR seria, na realidade, não exatamente uma reta.

A redução na eficiência da produção de PBm tem explicações diferentes para cada lado da curva. No caso da dieta com baixo teor de energia, o que ocorre é que são usados alimentos mais grosseiros, com menor digestibilidade. Nesta condição, a taxa de passagem é mais lenta, o que reduz a eficiência de síntese de PBm porque as populações bacterianas estão

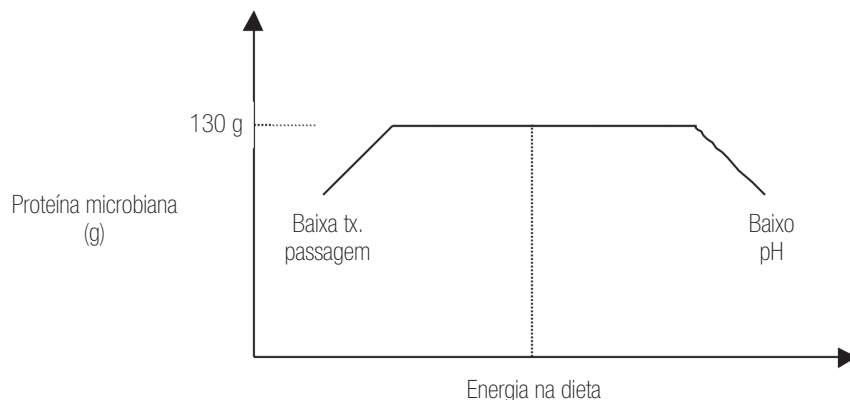


FIGURA 3.2. Relação entre a concentração de energia na dieta e a produção de proteína microbiana para cada quilograma de NDT.

mais velhas e, assim, acabam gastando proporcionalmente mais energia em manutenção do que em crescimento. Opostamente, quando a taxa de passagem é mais alta, as populações bacterianas, encontram-se ainda na fase exponencial de crescimento, usando mais energia para crescimento do que mantença e, portanto, produzem mais para cada unidade de energia. No outro extremo, nas dietas de alta densidade energética, a queda na eficiência da produção de PBm se dá por conta do menor pH, em função das elevadas taxas de fermentação, o que eleva as exigências de energia de manutenção dos microrganismos, tornando-os menos eficientes.

Uso de NNP para produção de proteína microbiana

Além de se adequar a quantidade de NNP a energia fermentescível no rúmen, pode-se melhorar o aproveitamento do nitrogênio com um melhor sincronismo entre a sua liberação e a energia fermentativa ruminal. A ureia é a principal fonte de NNP, mas apresenta alta velocidade de hidrólise e, portanto, elevadas quantidades de N liberada no tempo. Na hipótese da capacidade dos microrganismos do rúmen em assimilar essa alta quantidade de N for ultrapassada o excesso pode ser perdido.

A lenta liberação de nitrogênio é algo interessante, especialmente em condições de pastagem na época das secas, pois ajudaria a reduzir a chance de perdas de nitrogênio. Todavia, há hoje o reconhecimento que há mais importância na oferta balanceada de proteína degradável no rúmen em relação ao teor de energia fermentescível da dieta do que propriamente no sincronismo (NRC, 2000). Isso ocorre em função de um ativo sistema de reciclagem endógena de nitrogênio ureico para o rúmen. Cerca de até 63% do N ureico reciclado no trato gastrointestinal pode ser reaproveitado para processos anabólicos, ou seja, produção de aminoácido bacteriano (Lapierre e Lobley, 2001). Ocorre que a reciclagem e seu uso para produção de proteína microbiana também é dependente de energia, portanto, pode-se esperar menor reciclagem no caso de pastagens tropicais na seca, o que aumentaria a importância do sincronismo.

Absorção de proteínas

A proteína que entra no trato digestivo sofre a ação das enzimas proteolíticas, produzidas pela mucosa gástrica, pelo pâncreas e pela mucosa intestinal, e são reduzidos a aminoácidos (Aa) e peptídeos que serão absorvidos no intestino delgado. Outras enzimas proteolíticas localizadas nas microvilosidades reduzem polipeptídeos remanescentes a tri e dipeptídeos e aminoácidos. Tri e dipeptídeos são transportados ativamente do lúmen para o citoplasma da célula epitelial do intestino delgado. O transporte é considerado ativo porque os carreadores vão contra o gradiente de concentração e, portanto, é feito com gasto de energia. Além de energia, esse mecanismo depende da concentração do íon sódio. A quebra das ligações entre os tri e dipeptídeos em aminoácidos ajuda na manutenção de um gradiente mais favorável, pois reduz a concentração de tri e dipeptídeos dentro da célula epitelial.

Os Aa competem uns com os outros por carreadores e sítios de absorção. Outra característica importante é que diferentes Aa tem diferentes taxas de absorção. Portanto, diferentes misturas de Aas têm diferentes taxas de absorção. Inclusive, esta tem sido uma linha de pesquisa específica, ou seja, encontrar misturas de Aa que garantam maior taxa de absorção. As imunoglobulinas após o nascimento são um caso de absorção de proteínas intactas. (fato ocorrido nas primeiras horas de vida do bezerro ao mamar o colostro). A absorção pelas zonas de oclusão (espaço entre as células epiteliais do intestino delgado) não é o mecanismo principal, havendo carreadores específicos para cada tipo de imunoglobulinas.

A digestibilidade intestinal da proteína não degradada no rúmen (PNDR) é considerada como 80%. Um caso interessante é do software de formulação RLM (3.2), no qual é feito o desconto de proteína indisponível, subtraindo o valor da PB menos o valor de PIDA, subtração após a qual se assume que a digestibilidade da PNDR como 90%.

EFEITO DA PROTEÍNA NA SUPLEMENTAÇÃO

Nas condições de Brasil Central, em que as pastagens apresentam baixo valor nutricional na época da seca, o teor de proteína bruta constantemente se encontra abaixo do nível crítico para atender a exigência da microbiota ruminal (7% PB), o que resulta em baixa IMS de forragem.

A deficiência proteica pode limitar a produção animal, não só pelo decréscimo nas taxas de digestão e de passagem devido a teores de PB abaixo do limite crítico, mas também em função de um aporte subótimo de aminoácidos no duodeno, em função da menor produção de proteína microbiana (Preston e Leng, 1987). Em adição a isto, eventualmente, pode haver deficiência de ácidos graxos de cadeia ramificada, provenientes da degradação de proteína verdadeira que, inclusive, podem ajudar na eficiência do crescimento microbiano, aumentando o aporte de proteína microbiana no intestino.

O baixo desempenho animal em pastagens de gramíneas tropicais durante o período seco pode ser explicado, em grande parte, pela deficiência proteica comum para as principais gramíneas tropicais usadas no Brasil (Euclides e Medeiros, 2003). Por outro lado, quanto maior a massa de forragem, maior a capacidade de seleção e maior a diferença entre o valor de PB da planta inteira e o valor do PB ingerida pelo animal, o que pode reduzir a resposta à suplementação proteica.

O USO DE CONCENTRADO PARA ANIMAIS EM PASTEJO

Pastagens com baixo valor alimentar

Pastagens com baixo valor alimentar são, tipicamente, aquelas encontradas na época seca. Nesta época, a paralisação do crescimento leva a um aumento da idade das plantas que compõem a pastagem. Como as plantas com o passar do tempo reduzem o conteúdo celular, aumentam o material fibroso e os fatores anti-nutricionais, com destaque para a lignina. O resultado

é a redução do teor de nutrientes e da sua digestibilidade. No caso dos nutrientes, o que mais afeta o uso da pastagem é a proteína, quando seus teores estão abaixo do nível crítico, conforme já comentado.

Efeito da suplementação sobre a produção animal na seca e nas águas

Em uma tentativa de se estimar o efeito da suplementação sobre o ganho de peso animal e sobre a conversão alimentar, foi construído um banco de dados com base em trabalhos publicados no Brasil e que utilizaram a suplementação alimentar em pastos durante o período seco ($n = 23$) e no período das águas ($n = 20$) (Euclides e Medeiros, 2005). Analisando-se a regressão da média de oferta de concentrado e a conversão alimentar (kg de concentrado necessário para 1 kg de ganho de peso) no período da seca (Figura 3.3A), pode-se observar aumento linear na quantidade de concentrado para cada quilograma de ganho de peso vivo.

A Figura 3.3B representa a regressão entre a média de oferta de concentrado e o desempenho dos animais usando os dados dos mesmos trabalhos. Verifica-se na Figura 3.3B uma maior dispersão para a conversão, indicando também grande variação dos resultados entre os vários experimentos, contudo, com comportamento quadrático, ou seja, há um ponto de máximo, a partir do qual a conversão começa a piora. As quantidades menores de suplemento proteico atenuam a limitação dos baixos teores de N das forragens na seca e aumentam a ingestão de matéria seca o que resulta em maior consumo da forragem suplementada em relação à não suplementada. Isto explica tanto a boa resposta à suplementação, quanto a grande variação nos resultados. Todavia, à medida que se aumenta a oferta de concentrado, começa a ocorrer o efeito substitutivo responsável pelos ganhos decrescentes. Para valores acima de cerca de 4-5 kg ocorre de fato redução no GDP que pode ser explicada pelo excesso de energia fermentescível e pelo consequente desafio ao tamponamento do pH ruminal. Em quantidades muito elevadas o concentrado pode aumentar muito a produção de ácidos graxos voláteis que podem causar efeito de redução de pH ruminal, com diminuição da degradação dos carboidratos estruturais da dieta.

As mesmas regressões feitas para os trabalhos de suplementação realizados no período de chuvas revelaram comportamento semelhante quanto à conversão alimentar (Figura 3.4A), mas bastante distinto quanto ao ganho de peso (Figura 3.4B). Para o período das águas, apesar de a conversão ter sido melhor para oferta igual a zero (Intercepto águas = 0,129 g de concentrado/kg de GDP) do que aquela verificada na seca (Intercepto seca = 1,030 g de concentrado/kg de GDP), a taxa de decréscimo da conversão é semelhante e perto de 1,1 kg para cada quilograma de concentrado adicionalmente ofertado (Figura 3.4A). Ao contrário do ocorrido no período seco, em que existe relação entre a oferta de concentrado e o ganho, a Figura 3.4B evidencia a inexistência da relação entre a oferta de concentrado e o desempenho animal. Isso decorre de dois motivos: 1) os desempenhos em pastagens nas águas podem ser altos mesmo quando a suplementação é só de minerais e 2) o efeito de substituição ocorre mesmo nas suplementações mais brandas.

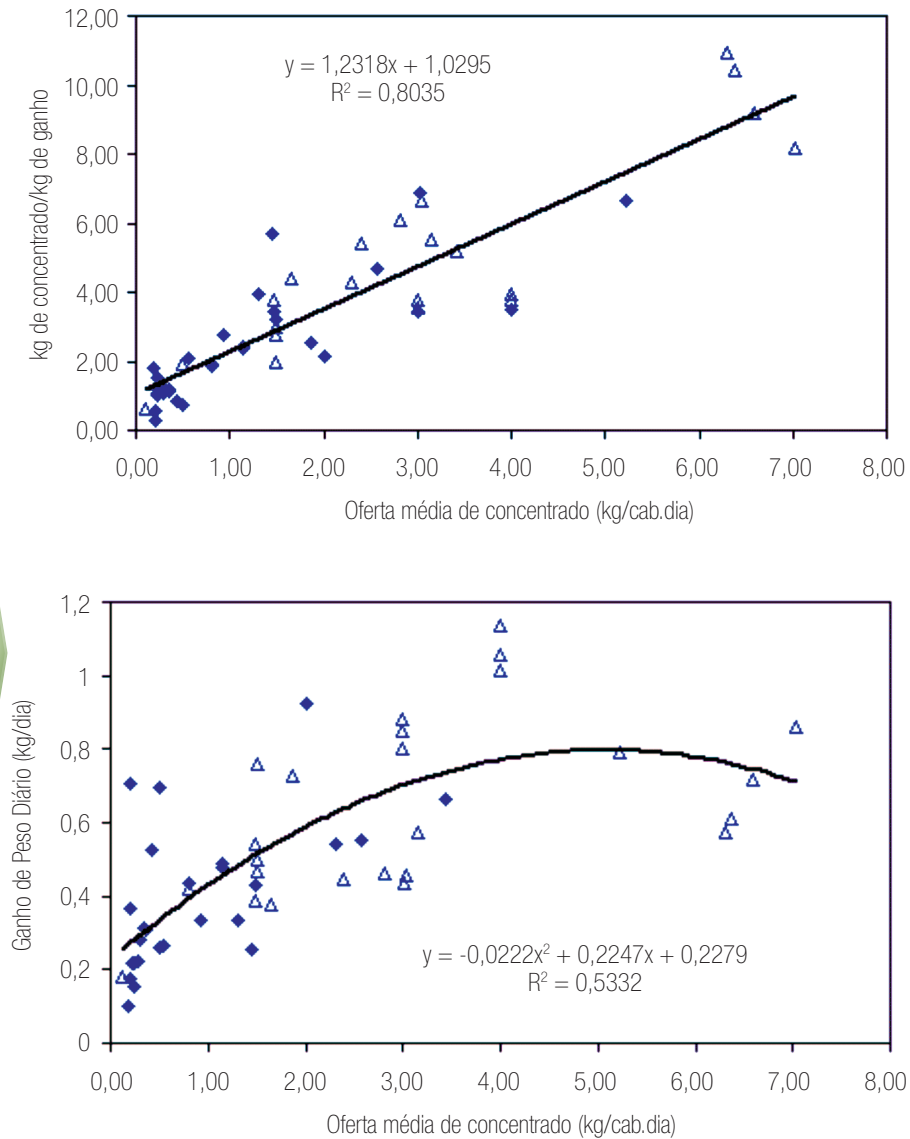


FIGURA 3.3.

A: Regressão entre a média da oferta de concentrado e a conversão alimentar (kg de concentrado necessário para 1 kg de ganho de peso) e **B:** entre a média de oferta de concentrado e o ganho diário de peso vivo (kg/cabeça/dia), no período da seca, de alguns trabalhos publicados no Brasil (n=23) (Euclides e Medeiros, 2005).

Em síntese, essas regressões mostram que a preferência por suplementações mais modestas ajuda na economicidade dos sistemas produtivos, não só pela redução do investimento, mas também pelo aumento da eficiência no uso dos insumos, especialmente, pela maximização da utilização

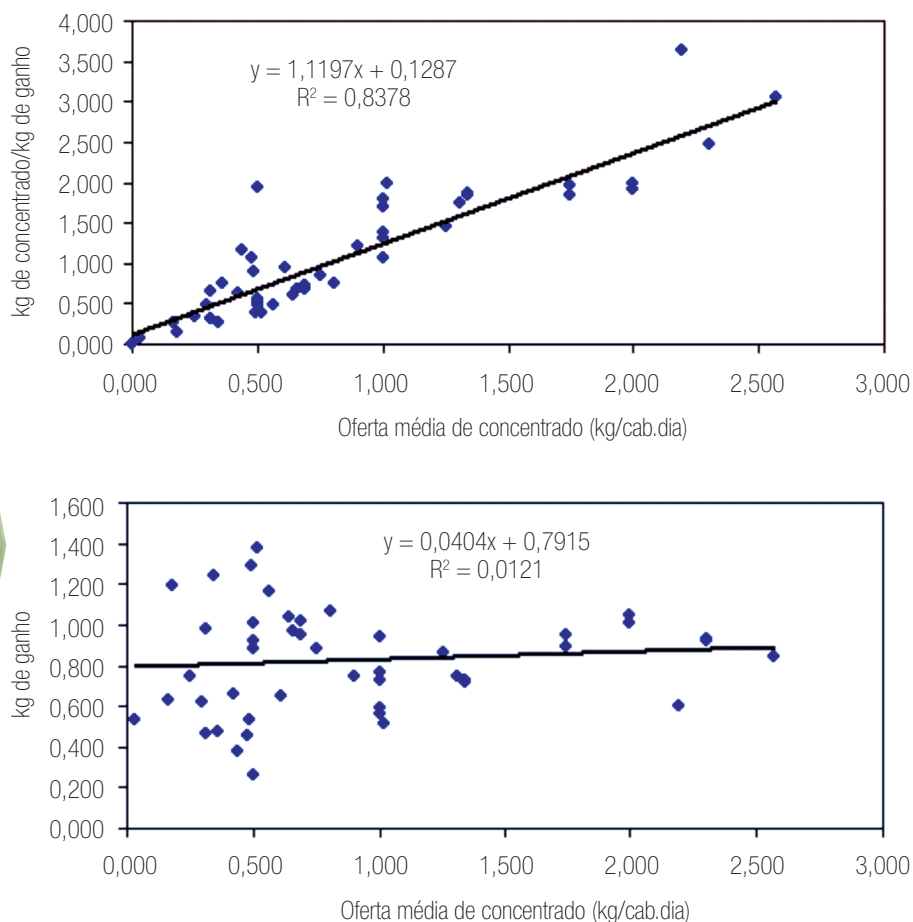


FIGURA 3.4.

A: Regressão entre a média da oferta de concentrado e a ganho diário de peso vivo (kg/cabeça/dia) e **B:** entre a média da oferta de concentrado e o ganho diário de peso vivo (kg/cabeça.dia), no período das águas, de alguns trabalhos publicados no Brasil (n=20) (Euclides e Medeiros,2005).

da forragem. É evidente que os níveis de ganho necessários para justificar cada sistema de produção podem exigir taxas maiores de ganho, mas, ainda assim, a observação de bons desempenhos mesmo com suplementações menos intensas comprova que nem sempre se aproveita as forragens no seu potencial.

Esta análise mostra também, que a suplementação nas águas é de resultado bastante incerto, indicando ainda, a importância de se combinar esta estratégia com o aumento da lotação como forma de aproveitar o provável aumento de disponibilidade de forragem por cabeça para justificar o investimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento do metabolismo da proteína nos ruminantes e seu uso estratégico em forma de suplementação nos sistemas de produção brasileiros, pode ser decisivo para termos eficiência nos sistemas, podendo significar a sustentabilidade ou não dos mesmos.