

Exigências de proteína para bovinos de corte

Polyana Pizzi Rotta, Ana Clara Baião Menezes, Luiz Fernando Costa e Silva, Sebastião de Campos Valadares Filho, Laura Franco Prados, Marcos Inácio Marcondes

INTRODUÇÃO

As proteínas são macromoléculas que desempenham inúmeras funções no organismo animal, como a composição de tecidos estruturais, enzimas, hormônios, receptores hormonais e composição de material genético (Boye et al., 2012). A proteína fornecida nas rações pode ser dividida em duas principais porções, proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não-degradável no rúmen (PNDR; NRC, 1985). A soma da PDR, originada principalmente a partir da síntese de proteína microbiana, com a PNDR resulta na proteína metabolizável (PM), definida como a quantidade de aminoácidos que é absorvida no intestino delgado (Cervieri et al., 2001; Sinclair et al., 2014). Sendo assim, a nutrição proteica é um dos principais fatores que afetam o desempenho animal.

De acordo com Oliveira e Millen (2014), confinamentos comerciais utilizam altos teores de proteína bruta (PB) nas dietas de animais em terminação (em alguns casos até 16,6% de PB) como estratégia para estimular o consumo de matéria seca e reduzir o período de confinamento. Porém, existe uma forte correlação entre o consumo de proteína e a excreção de nitrogênio pelas fezes e urina (Sinclair et al., 2014), contribuindo para a contaminação ambiental. Menezes et al. (2016) demonstraram que é possível reduzir o nível de PB em dietas de bovinos em terminação sem afetar o desempenho, além de reduzir a excreção de N para o meio ambiente. Além disso, o desbalanceamento das rações também representa perda econômica decorrente dos custos com alimentação (Appuhamy et al., 2014), sendo a proteína, considerada o nutriente mais caro da dieta (Russel et al., 1992). Adicionalmente, a queda da fertilidade em bovinos pode ser relacionada aos efeitos

tóxicos de compostos nitrogenados (Rhoads et al., 2006). Assim, a busca e a adoção de medidas mais racionais no manejo alimentar podem reduzir o impacto ambiental e as perdas econômicas, além de influenciar positivamente a qualidade do produto nos sistemas de produção de carne. Para tanto, é necessário o conhecimento das exigências de proteína para manutenção e ganho de peso de bovinos em crescimento e/ou terminação, otimizando o ciclo produtivo.

EXIGÊNCIAS DE PROTEÍNA

O atendimento das exigências de proteína para ruminantes é obtido pela absorção, a nível de intestino delgado, dos produtos finais resultantes dos processos digestivos dos compostos nitrogenados, em especial ao montante de aminoácidos disponibilizado para absorção. As fontes de proteína que chegam ao intestino de ruminantes são a proteína microbiana, a proteína dietética que não sofreu ação da microbiota ruminal e a proteína endógena; assim, ruminantes apresentam peculiaridades em sua nutrição proteica (Bach et al., 2005). À quantidade de aminoácidos provenientes dessas fontes e absorvidos no intestino dá-se o nome de PM (ARC, 1980).

Trabalhar com o consumo de PB pode proporcionar diversos erros de estimação, uma vez que o mesmo não considera o valor biológico da PB, bem como a eficiência de produção de proteína bruta microbiana (PBmic) por quilograma de matéria orgânica digestível. Com isso, os atuais sistemas de predição de exigências nutricionais para bovinos evoluíram e trabalham com o consumo de PM, contabilizando, assim, a proteína disponível para ser absorvida na forma de aminoácidos no intestino.

De acordo com Santos (2008), o uso da PM tem estimulado e permitido avanços no

conhecimento das exigências nutricionais, possibilitando ganhos de produtividade animal por meio da otimização da síntese de proteína microbiana no rúmen, adequação dos teores de PNDR e da quantidade e qualidade da PM suprida pelo animal, redução nas perdas de compostos nitrogenados e redução do impacto negativo da liberação desses compostos para o meio ambiente.

Portanto, as exigências de proteína podem ser divididas em exigências de proteína para manutenção (que incluem as perdas endógenas de compostos nitrogenados pelas fezes, urina e descamação da pele) e produção (compostos nitrogenados utilizados para deposição de tecidos corporais ou secretados no leite), que serão discutidas separadamente nas demais seções desse capítulo, permitindo melhor visualização e entendimento dos resultados obtidos.

AVALIAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE PROTEÍNA BRUTA UTILIZANDO O BR-CORTE (2010)

Essa edição do BR-CORTE foi desenvolvida com o intuito de melhorar e ratificar as exigências de proteína. De acordo com Galyean (2014), mudanças nas exigências nutricionais associadas com a classe sexual, grupo genético, estado fisiológico e meio ambiente tornam o estabelecimento das exigências mais complexas, e isso é um desafio para os comitês que tentam estabelecer as exigências nutricionais. Por isso, é importante a constante atualização do banco de dados e o uso de condições ambientais e de manejo condizentes com a realidade de regiões tropicais.

Menezes et al. (2016) observaram uma superestimação das exigências de PB, calculadas pelo BR-CORTE (2010), em relação aos valores observados de 45,2, 23,5 e 11,2% para machos Nelore não castrados em terminação submetidos a dietas contendo 10, 12 e 14% PB, respectivamente. Prados et al. (2015) trabalharam com bovinos cruzados (Holandês × Zebu) em fase de crescimento e

observaram superestimativas de 17,2% no consumo de PB, sendo o valor estimado de 1200 g/dia para as exigências de PB em relação ao consumo de PB observado de 870 g/dia. Adicionalmente, Amaral et al. (2014) observaram o consumo de PB estimado (1580 g/dia) superior em 17% ao observado (1348 g/dia) para bovinos cruzados (Holandês × Zebu) em terminação, enquanto que Costa e Silva et al. (2013) encontraram valores de consumo de PB superestimados em 16,8% em relação à média dos valores observados para Nelore em terminação. Assim, antes de gerar novas equações, a predição do consumo de PB pelo BR-CORTE (2010) foi testada a partir de trabalhos desenvolvidos após a última edição do BR-CORTE. Para isso, 271 dados individuais de bovinos de 8 estudos foram coletados: Costa e Silva (2011), Souza (2013), Rufino (2014), Silva (2014), Menezes (2016), Prados (2016), Amaral (dados não publicados) e Zanetti (dados não publicados). O banco de dados incluiu dissertações e teses que foram concluídas a partir de 2010 e não fizeram parte do banco de dados da última edição do BR-CORTE.

A estatística descritiva dos dados de consumo de PB referentes aos valores observados nos estudos e os valores preditos pelo BR-CORTE encontram-se na Tabela 8.1, sendo esses dados avaliados pelo programa *Model Evaluation System* (MES; Tedeschi, 2006). A partir do coeficiente de correlação e concordância (CCC) foi possível obter a acurácia e a precisão das estimativas, uma vez que quanto mais próximo ao valor de 1,0, mais precisas e acuradas foram as estimativas. O quadrado médio do erro de predição (QMEP) leva em consideração a magnitude dos erros associados às estimativas, sendo que quanto menor, melhor são as estimativas. Além disso, a partir da decomposição do QMEP, pode-se avaliar se os erros das estimativas estão associados ao vício, erros sistemáticos e erros aleatórios, sendo que quanto maior for a porcentagem dos erros aleatórios, melhor é a estimativa.

Tabela 8.1 - Análise de regressão e estatística descritiva dos valores observados e preditos pelo BR-CORTE (2010) para consumo de proteína bruta

Itens	Consumo de proteína bruta	
	Observado	Predito
Média	1,01	1,13
Desvio-padrão	0,20	0,16
Máximo	1,74	1,67
Mínimo	0,50	0,67
% superestimação	12,24	
P-valor (a = 0 e b = 1)	<0,01	
CCC	0,61	
Cb	0,80	
Quadrado médio do erro de predição	0,0324	
Vício médio (%)	0,0153 (47,22%)	
Erro sistemático (%)	0,0001 (0,31%)	
Erro aleatório (%)	0,0170 (52,47%)	

A partir dessa estimativa, percebe-se que a equação para estimar o consumo de PB foi significativa ($P < 0,01$), demonstrando que o intercepto e a inclinação diferiram de zero e um, respectivamente, indicando que as estimativas não foram adequadas para o consumo desse nutriente em bovinos de corte (Figura 8.1). Além disso, as exigências de PB foram 12,24% superestimadas em relação ao

consumo de PB. Na decomposição dos erros, pode-se observar que grande parte dos erros não é de ordem aleatória, mostrando que existe uma tendência de superestimação da equação. Dietas com excesso de PB resultarão em maiores custos com alimentação, além do aumento na excreção de N. Isto demonstra que novos ajustes nas estimativas das exigências de PB devem ser realizados.

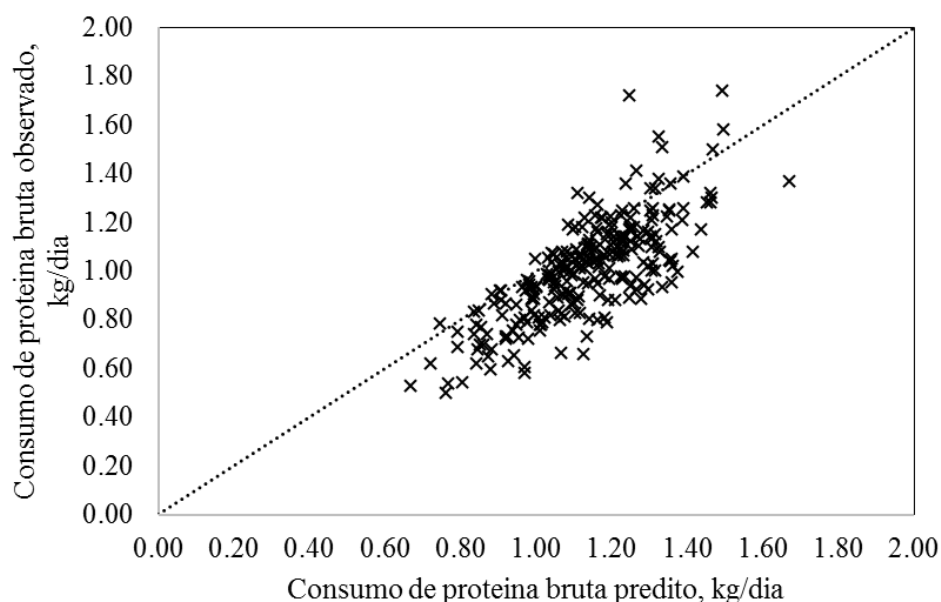


Figura 8.1 - Relação entre os valores observados e preditos pela equação proposta pelo BR-CORTE (2010) para o consumo de proteína bruta.

Dietas com teor de PB abaixo das exigências dos animais podem afetar a produtividade. Por outro lado, dietas com excesso de PB resultam em maiores custos

com alimentação além do aumento na excreção de compostos nitrogenados, contribuindo negativamente com o meio ambiente. Sendo assim, o conhecimento das

exigências nutricionais de bovinos de corte auxilia na formulação adequada de dietas, contribuindo com o ambiente e preconizando o máximo desempenho do animal.

Diante dos resultados para a predição do consumo de PB para bovinos de corte, faz-se necessário adequar essas equações aos fatores genéticos, fisiológicos e ambientais do Brasil. Dessa forma, observa-se que as estimativas das exigências de PB do BR-CORTE (2010) necessitam de ajustes para a utilização em todos os sistemas de produção de bovinos de corte, fato evidenciado pela superestimativa do consumo de PB. Por isso, essa edição do BR-CORTE propõe algumas alterações nas exigências de PB com inclusão de novas variáveis e dados de animais de diferentes pesos, classes sexuais e grupos genéticos.

BANCO DE DADOS

Nessa edição do BR-CORTE, um banco de dados foi desenvolvido, sendo o

mesmo composto por 32 estudos realizados em condições brasileiras de 1991 a 2016: Galvão (1991), Jorge (1993), Paulino (1996), Ferreira (1997), Veras (2000), Silva (2001), Veloso (2001), Putrino (2002), Tedeschi et al. (2002), Paulino (2002), Backes (2003), Leonel (2003), Martins (2003), Chizzotti (2004), Moraes (2006), Paulino (2006), Marcondes (2007), Paixão (2008), Sales (2008), Porto (2009), Machado (2009), Marcondes (2011), Souza (2011), Costa e Silva (2011), Paula (2012), Rotta (2012), Amaral (2012), Prados (2012), Rodrigues (2014), Costa e Silva (2015), Silva (2015), Menezes (2016). Dentre os dados apresentados, 767 animais foram utilizados em condições de confinamento e 148 em pastejo. Com relação ao grupo genético, foram 406 zebuínos, 212 cruzados de corte e 149 cruzados de leite (Tabelas 8.2; 8.3 e 8.4, respectivamente). Para os dados de animais criados a pasto, a estatística descritiva pode ser visualizada na Tabela 8.5.

8.2 - Estatística descritiva dos dados de zebuínos terminados em confinamento e utilizados para a estimação das exigências de proteína

Itens	N ¹	Média	DP ²	Máximo	Mínimo
Machos não castrados					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	214	290	58,3	438	151
Peso corporal em jejum final (kg)	227	408	73,1	592	215
Peso de corpo vazio inicial (kg)	215	257	52,5	358	130
Peso de corpo vazio final (kg)	227	366	66,7	549	191
Ganho médio diário (kg/dia)	162	0,99	0,40	2,66	-0,04
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	214	0,99	0,40	1,87	-0,01
Energia retida (Mcal/dia)	207	4,28	2,44	14,2	-0,58
Proteína retida (g/dia)	207	177	76,9	412	-29,1
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	159	700	213	1263	195
Machos castrados					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	123	287	57,1	399	110
Peso corporal em jejum final (kg)	123	367	80,1	520	125
Peso de corpo vazio inicial (kg)	123	253	51,9	352	95,2
Peso de corpo vazio final (kg)	123	331	74,2	469	113
Ganho médio diário (kg/dia)	110	0,71	0,40	1,41	-0,18
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	123	0,67	0,37	1,32	-0,21
Energia retida (Mcal/dia)	123	3,62	2,07	7,47	-0,02
Proteína retida (g/dia)	123	93,1	64,1	242	-122
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	48	651	255	1143	159
Fêmeas					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	82	218	53,1	342	129
Peso corporal em jejum final (kg)	82	273	73,1	437	131
Peso de corpo vazio inicial (kg)	82	192	50,1	297	111
Peso de corpo vazio final (kg)	82	247	70,2	397	115
Ganho médio diário (kg/dia)	53	0,67	0,42	1,27	-0,12
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	82	0,54	0,37	1,25	-0,13
Energia retida (Mcal/dia)	82	2,49	2,02	8,22	-0,21
Proteína retida (g/dia)	81	74,0	62,3	196	-35,6
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	69	470	158	741	151

¹N = número de dados utilizados; ²DP = desvio padrão.

Tabela 8.3 - Estatística descritiva dos dados de bovinos cruzados de corte terminados em confinamento e utilizados para estimação das exigências de proteína

Itens	N ¹	Média	DP ²	Máximo	Mínimo
Machos não castrados					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	133	313	47,4	435	198
Peso corporal em jejum final (kg)	145	460	73,6	585	248
Peso de corpo vazio inicial (kg)	133	264	37,9	366	173
Peso de corpo vazio final (kg)	145	404	68,4	499	222
Ganho médio diário (kg/dia)	133	1,10	0,37	1,93	-0,08
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	131	1,05	0,36	1,98	-0,05
Energia retida (Mcal/dia)	133	3,89	1,70	8,76	-0,41
Proteína retida (g/dia)	133	156	69,7	384	-90,8
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	108	738	221	1409	428
Machos castrados					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	41	355	41,4	434	260
Peso corporal em jejum final (kg)	41	447	73,7	552	265
Peso de corpo vazio inicial (kg)	41	312	48,8	385	205
Peso de corpo vazio final (kg)	41	409	70,2	506	238
Ganho médio diário (kg/dia)	41	0,93	0,62	1,72	-0,36
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	41	0,99	0,58	1,64	-0,09
Energia retida (Mcal/dia)	41	5,41	2,74	9,53	0,75
Proteína retida (g/dia)	41	139	96,3	276	-49,3
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	35	704	200	918	272
Fêmeas					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	38	271	33,5	331	194
Peso corporal em jejum final (kg)	38	364	85,2	494	187
Peso de corpo vazio inicial (kg)	38	241	36,8	311	150
Peso de corpo vazio final (kg)	38	327	74,0	443	175
Ganho médio diário (kg/dia)	38	0,86	0,66	1,75	-0,31
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	38	0,80	0,58	1,73	-0,18
Energia retida (Mcal/dia)	38	4,00	2,61	7,65	-0,48
Proteína retida (g/dia)	37	125	92,2	297	-69,7
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	33	623	233	985	213

¹N = número de dados utilizados; ²DP = desvio padrão.

Tabela 8.4 - Estatística descritiva dos dados de bovinos cruzados de leite terminados em confinamento e utilizados para estimação das exigências de proteína

Itens	N ¹	Média	DP ²	Máximo	Mínimo
Machos não castrados					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	81	297	103	494	150
Peso corporal em jejum final (kg)	93	412	126	661	169
Peso de corpo vazio inicial (kg)	123	263	70,7	415	131
Peso de corpo vazio final (kg)	135	379	103	600	150
Ganho médio diário (kg/dia)	81	1,34	0,64	2,64	0,02
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	120	1,32	0,62	2,74	0,05
Energia retida (Mcal/dia)	120	5,33	2,96	12,7	-0,67
Proteína retida (g/dia)	120	188	118	414	-181
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	125	698	271	1417	118
Machos castrados					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	48	325	34,7	453	216
Peso corporal em jejum final (kg)	48	388	53,1	575	254
Peso de corpo vazio inicial (kg)	48	268	29,1	363	185
Peso de corpo vazio final (kg)	48	342	48,3	510	247
Ganho médio diário (kg/dia)	48	0,77	0,55	1,70	-0,21
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	48	0,93	0,38	2,00	0,02
Energia retida (Mcal/dia)	48	3,93	1,63	9,00	0,51
Proteína retida (g/dia)	20	78,3	73,5	210	-110
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	28	920	255	1410	458
Fêmeas					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	20	258	38,6	347	196
Peso corporal em jejum final (kg)	36	311	56,7	431	215
Peso de corpo vazio inicial (kg)	36	195	43,3	298	115
Peso de corpo vazio final (kg)	36	276	54,2	403	192
Ganho médio diário (kg/dia)	20	0,68	0,36	1,23	-0,04
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	36	0,87	0,38	1,67	0,05
Energia retida (Mcal/dia)	36	3,98	1,74	7,79	0,73
Proteína retida (g/dia)	36	100	70,4	240	-52,9
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	15	853	186	1155	570

¹N = número de dados utilizados; ²DP = desvio padrão.

Tabela 8.5 - Estatística descritiva dos dados de zebuínos terminados a pasto e utilizados para estimação das exigências de proteína

Itens	N ¹	Média	DP ³	Máximo	Mínimo
Machos não castrados					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	128	190	87,4	409	74,0
Peso corporal em jejum final (kg)	128	335	84,6	519	140
Peso de corpo vazio inicial (kg)	128	163	72,0	337	63,3
Peso de corpo vazio final (kg)	128	292	75,6	463	118
Ganho médio diário (kg/dia)	128	0,56	0,19	0,95	-0,15
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	128	0,45	0,19	0,90	-0,10
Energia retida (Mcal/dia)	127	1,12	1,01	4,14	-0,83
Proteína retida (g/dia)	108	87,0	32,4	156	14,5
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	84	459	163	893	189
Machos castrados					
Peso corporal em jejum inicial (kg)	20	317	59,8	409	226
Peso corporal em jejum final (kg)	20	363	66,9	484	243
Peso de corpo vazio inicial (kg)	20	261	49,3	337	186
Peso de corpo vazio final (kg)	20	299	57,5	405	193
Ganho médio diário (kg/dia)	20	0,57	0,33	0,95	-0,15
Ganho de peso de corpo vazio (kg/dia)	20	0,47	0,29	0,90	-0,10
Energia retida (Mcal/dia)	20	1,15	1,07	2,35	-0,83
Proteína retida (g/dia)	18	65,4	37,1	134	14,5
Consumo de proteína metabolizável (g/dia)	-	-	-	-	-

¹n = número de dados utilizados; ²DP = desvio padrão.

EXIGÊNCIAS DE PROTEÍNA PARA MANTENÇA

A demanda de proteína para manutenção para um bovino é igual às perdas endógenas de nitrogênio pelas fezes, urina e descamação (NRC, 2000). Na primeira edição do BR-CORTE foi adotado o valor de exigência líquida de proteína para manutenção de 2,69 g/PC^{0,75} obtido por Vêras (2006). Este autor avaliou machos não castrados, machos castrados e fêmeas alimentados com quatro níveis de PB (7, 10, 13 e 15%) e não verificou efeito de classe sexual sobre as exigências (Figura 8.2). As exigências líquidas de proteína para manutenção (2,69 g/PC^{0,75}) foram obtidas multiplicando o intercepto da regressão entre o nitrogênio retido e o consumo de nitrogênio (0,4313) por 6,25.

Já o AFRC (1993) adota o valor de 2,30 g/PC^{0,75} obtido pelo somatório das

exigências basais de nitrogênio endógeno e perdas por descamação e pêlos, enquanto o INRA (1988) e Smuts (1935) adotaram os valores de 3,25 g/PCVZ^{0,75}/dia e 3,52 g/PC^{0,75}/dia, respectivamente, obtidos por experimentos envolvendo balanço de nitrogênio.

Neste sentido, Ezequiel (1987) obteve exigências diárias de PM para manutenção de 1,72 e 4,28 g/PC^{0,75} para novilhos Nelore e Holandês, respectivamente. Valadares et al. (1997), considerando a soma das perdas endógenas fecais, estimadas pela regressão entre o nitrogênio absorvido e o consumo de nitrogênio e as perdas endógenas urinárias, obtidas pela regressão entre a excreção de nitrogênio urinário e o consumo de nitrogênio, calcularam as exigências diárias de PM para manutenção em 4,13 g/PC^{0,75}.

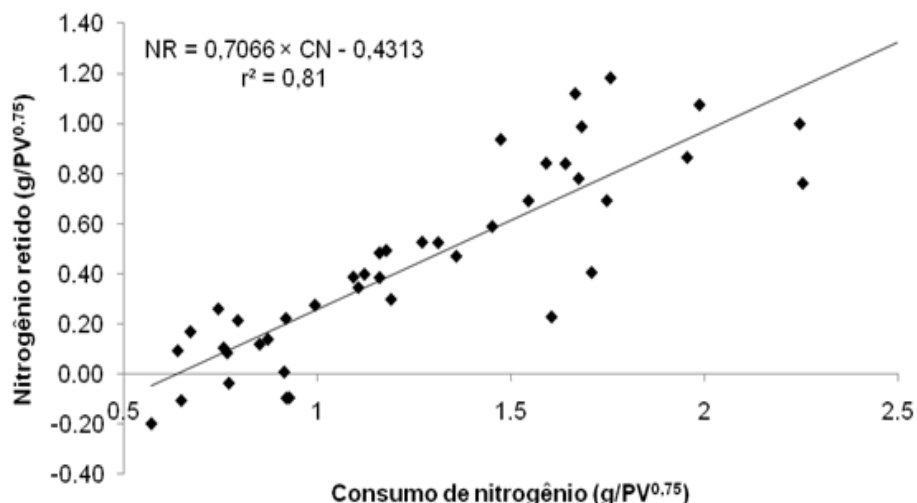


Figura 8.2 - Relação entre o nitrogênio retido e o consumo de nitrogênio, expressos em $(g/PC^{0,75})$. Adaptada de Vêras (2006).

Para converter as exigências líquidas de proteína em exigências de PM para manutenção, o BR-CORTE (2006) utilizou o fator de 0,667, obtido pela relação entre nitrogênio retido e nitrogênio absorvido (Figura 8.3), sendo este valor muito próximo à recomendação do NRC (1985) de 0,67. Utilizando-se essa eficiência e considerando-

se as exigências líquidas de proteína para manutenção de $2,69 g/PC^{0,75}$, foi obtida a exigência diária de PM de $4,03 g/PC^{0,75}$, próxima ao valor recomendado pelo NRC (2000), de $3,8 g/PC^{0,75}$. Dessa forma, o BR-CORTE (2006) recomendou o uso do valor de $4 g/PC^{0,75}$ como as exigências de PM para manutenção.

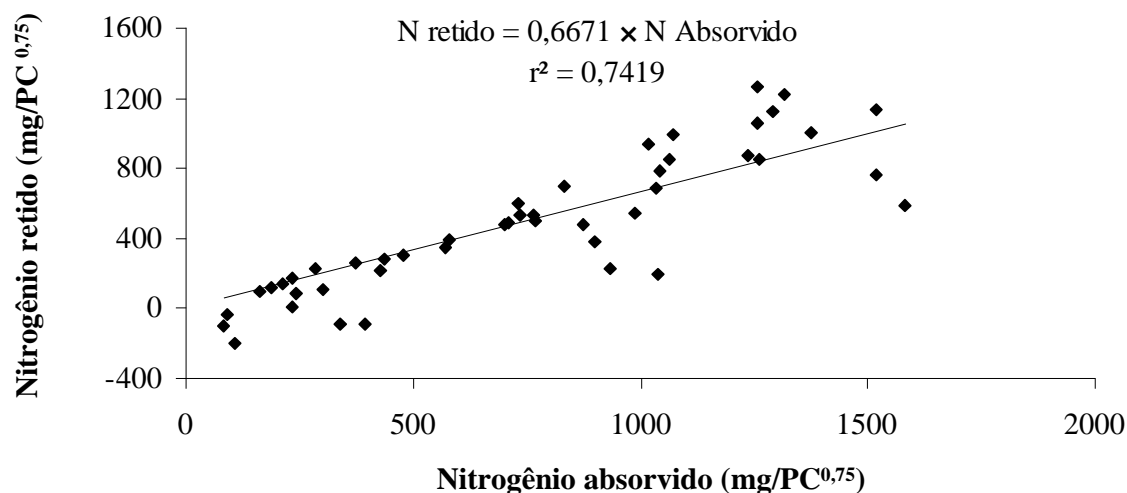


Figura 8.3 - Relação entre o nitrogênio retido e o nitrogênio absorvido. Adaptado de Vêras (2006).

O NRC (2000) adotou o valor de $3,8 g/PC^{0,75}$ obtido por Wilkerson et al. (1993) como valor diário das exigências de PM. Tal valor foi obtido pela divisão do intercepto (242) da equação de regressão do consumo de PM (g/dia) em função do ganho de peso (kg/dia) dos animais, pelo peso corporal médio metabólico dos animais

(63,44) pertencentes ao banco de dados utilizado. Foram consideradas 45 diferentes fontes proteicas, com número de animais variando entre 3 e 30 por fonte proteica. Um valor semelhante foi obtido por Susmel et al. (1993) avaliando experimentos envolvendo balanço de nitrogênio. Da mesma forma, o BCNRM (2016)

recomenda o mesmo valor apresentado no NRC (2000) de 3,8 g/PCJ^{0,75}.

Enquanto isso, a segunda edição do BR-CORTE correlacionou o consumo de PM ao ganho médio diário e ao ganho de peso de corpo vazio para estimar as exigências de proteína para manutenção. As duas equações geradas para estimar a PM para manutenção produziram valores muito próximos àquele proposto na primeira edição do BR-CORTE: 4,0 g/PC^{0,75}, sendo este valor, o adotado pela edição do BR-CORTE, em 2010.

Inicialmente, para converter o consumo de PB do banco de dados em consumo de PM, deve-se estimar síntese de proteína microbiana (PBmic) utilizando a equação proposta no capítulo 3 (PBmic = -53,07 + 304,9 × CPB + 90,8 × CNDT - 3,13 × CNDT²). A partir da PBmic, estima-se as exigências PDR. Além disso, o BR-CORTE, em 2010, considerou uma eficiência de conversão de N degradado em N microbiano de 90%, ou seja, considerou 10% de perdas líquidas de N no rúmen. Assim as exigências de PDR (g/dia) foram calculadas como 1,11 × PBmic. Na atual edição, a ineficiência do processo,

representada pelo coeficiente 1,11, foi ignorada; assim, as exigências de PDR foram consideradas iguais à síntese de PBmic. Com isso, o consumo de PNDR foi estimado pela diferença entre o consumo de PB e o consumo de PDR. Assim, o consumo de PM foi obtido pela seguinte equação:

$$\text{CPM} = (\text{PBmic} \times 0,64) + (\text{CPNDR}/0,80).$$

Nessa edição do BR-CORTE, adotou-se a mesma técnica da última edição para estimar as exigências de PM para manutenção, correlacionando o consumo de PM ao ganho de peso de corpo vazio. A partir das avaliações, foi observado efeito de sistema de produção quanto às exigências de PM para manutenção, sugerindo estimar as exigências de PM para manutenção separadamente. Além disso, os efeitos de grupo genético e classe sexual foram testados para os animais criados em confinamento, não sendo observado efeito significativo, o que permitiu a elaboração de uma única equação para os animais criados em confinamento (Figuras 8.4 e 8.5; Tabela 8.5).

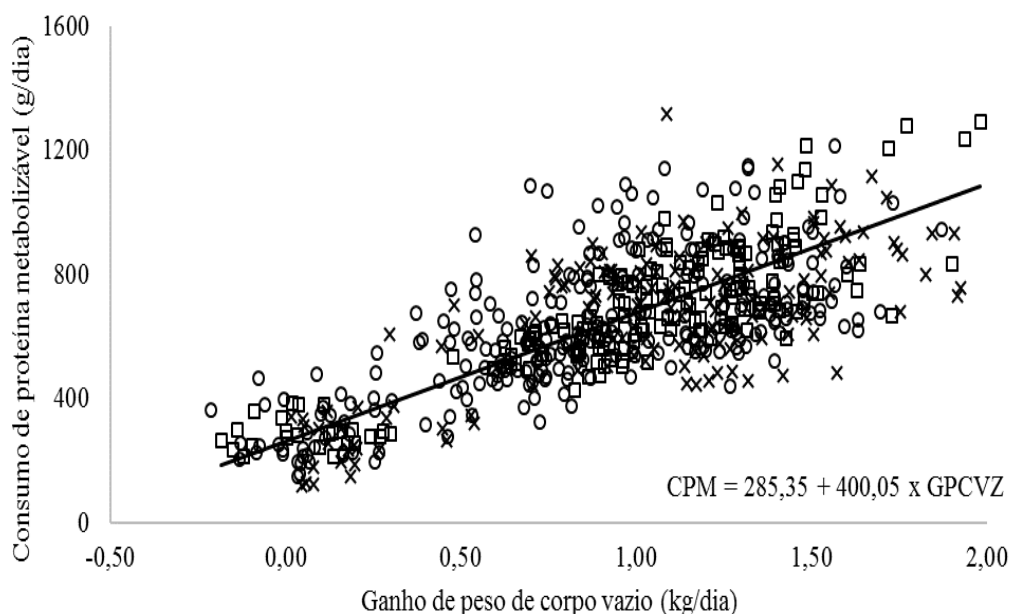


Figura 8.4 - Relação entre o consumo de proteína metabolizável e o ganho de peso de corpo vazio de animais criados em confinamento. Os símbolos representam dados de zebuínos (○), cruzados de corte (□) e cruzados de leite (×).

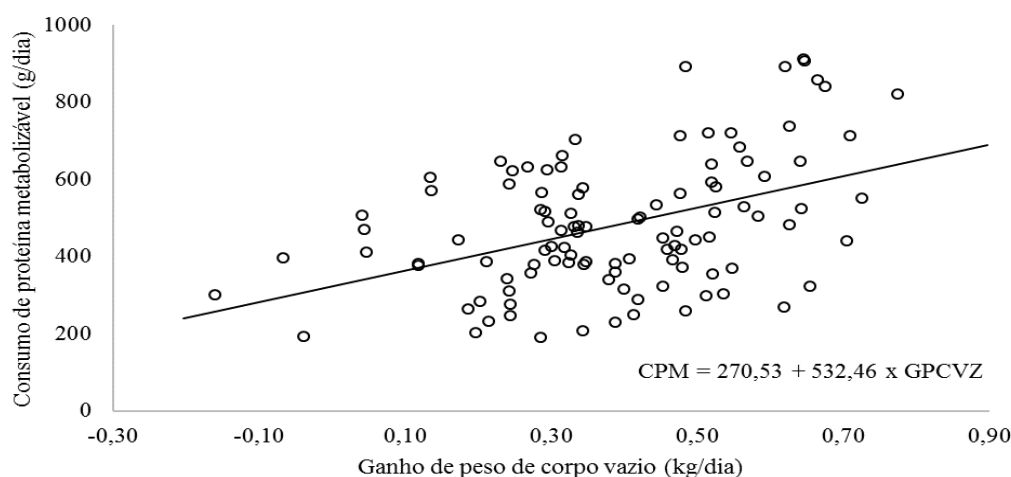


Figura 8.5 - Relação entre o consumo de proteína metabolizável e o ganho de peso de corpo vazio de animais criados em sistema de pastejo.

Tabela 8.5 - Exigências de proteína metabolizável para manutenção de bovinos de corte criados a pasto ou em confinamento

Sistema	Equação	PCVZ ^{0,75}	PMm
Confinamento	CPM = 285,35 + 400,05 × GPCVZ	72,0	3,96
Pasto	CPM = 270,53 + 532,46 × GPCVZ	62,7	4,31

CPM = consumo de proteína metabolizável (g/dia); GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia); PCVZ^{0,75} = peso de corpo vazio metabólico (kg); PMm = exigências de proteína metabolizável de manutenção (g/PCVZ^{0,75}).

Na edição anterior do BR CORTE, ao se estimar as exigências de PM para manutenção, o valor médio obtido para animais zebuínos e cruzados foi de 3,91 g/PCVZ^{0,75}, valor próximo ao obtido nesta edição, 3,96 g/PCVZ^{0,75} para bovinos criados em confinamento. Para animais mantidos a pasto, na última edição do BR-CORTE, estimou-se o valor de 4,87 g/PCVZ^{0,75} sendo este valor maior do as estimativas da edição atual do BR-CORTE de 4,31 g/PCVZ^{0,75}.

Em ambos os casos, convertendo esses valores para peso corporal em jejum, obtêm-se as estimativas de 3,6 e 3,9 g/PCJ^{0,75} para animais criados em confinamento e a pasto, respectivamente. O valor obtido para animais em confinamento foi inferior ao valor de 3,8 g/PCJ^{0,75} (BCNRM, 2016) e a 4,0 g/PC^{0,75} usado na última edição do BR-CORTE.

Comparando as exigências de PM de animais terminados em confinamento e animais terminados a pasto, percebe-se que estes últimos foram mais exigentes em relação os animais terminados em confinamento. Assim as exigências de PM de animais terminados a

ponto foram 8% maiores do que daqueles em confinamento

EXIGÊNCIAS DE PROTEÍNA PARA GANHO DE PESO

A estimação da composição corporal dos animais é fundamental para a avaliação do valor nutricional dos alimentos e para estudos do crescimento animal (Boin et al., 1994), pois possibilita a estimativa das exigências de proteína para o ganho de peso dos animais. Os principais componentes químicos do corpo de um bovino são: água, gordura, proteína e minerais. De acordo com Ferreira et al. (1998), a maturidade do animal é caracterizada pelo aumento na proporção de gordura no corpo. Animais mais jovens têm maior proporção de água e proteína e menor proporção de gordura, de modo que as concentrações de proteína, cinzas e água decrescem com a idade e com a terminação dos animais. O NRC (2000) relatou que os teores de gordura e proteína corporal apresentam comportamento quadrático em relação ao peso corporal, com relações inversas: quanto maior o peso corporal, maior o teor de gordura e menor o de proteína.

A proporção e a velocidade com que os tecidos se acumulam no corpo influencia o ganho de peso e a composição corporal, bem como a eficiência alimentar (Shahin et al., 1993) e, conseqüentemente, as exigências nutricionais. As proporções dos tecidos e sua composição química são influenciadas por vários fatores, destacando-se o peso corporal, a idade, o grupo genético, o nível de consumo de energia e o sexo (Ferreira et al., 1998). Segundo Garret (1980), o grupo genético teria maior influência sobre a composição corporal, a um mesmo peso corporal, do que o nível nutricional.

As diferenças nas exigências de proteína para ganho de peso são atribuídas às variações na composição do ganho de peso (Garret et al., 1959; Geay, 1984). As exigências protéicas para ganho de peso são maiores para machos não castrados de maturidade tardia que nos machos castrados de maturidade precoce (Geay, 1984). Boin (1995) observou maior concentração de proteína por quilo de ganho de peso do corpo vazio em machos Nelore não castrados em relação aos machos castrados. Segundo Geay (1984), as exigências líquidas de proteína tendem a ser menos importantes que as de energia para bovinos em crescimento com maturação precoce, como os das raças Angus e Hereford, pois ocorre menor retenção de energia na forma de proteína (12 a 15%). Esse tipo de animal preenche suas exigências protéicas utilizando principalmente os aminoácidos provenientes da fermentação microbiana (Geay, 1984). A maioria dos estudos indica a redução das exigências líquidas de proteína para ganho de peso à medida que o peso corporal aumenta (Lana et al., 1992; Pires et al.; 1993; Fontes, 1995; Paulino, 1999, Cavalcante et al., 2005, Amaral et al., 2014).

Na primeira edição do BR-CORTE, em 2006, as exigências líquidas de proteína para ganho de peso (ou proteína retida) foram estimadas a partir de equações de regressão da proteína retida (PR) em função da energia retida (ER) e do ganho médio diário (GMD), sendo

obtidas três equações em função da classe sexual para animais zebuínos terminados em confinamento. Já na segunda edição do BR-CORTE, em 2010, foi utilizado um modelo semelhante ao proposto pelo NRC (2000), em que a PR é correlacionada com a ER e com o ganho de peso de corpo vazio.

Na atual edição do BR-CORTE, foi utilizado o mesmo modelo da edição anterior, sendo que as equações de exigência líquida de proteína para ganho (Tabela 8.6) foram obtidas em função do sistema de produção (confinamento e pasto), grupo genético (zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite) e classe sexual (machos não castrados, machos castrados e fêmeas).

Semelhante ao obtido na segunda edição do BR-CORTE, as equações indicam maiores coeficientes do GPCVZ para machos não castrados em relação à machos castrados e fêmeas, evidenciando efeito do nível de testosterona circulante sobre a deposição de proteína no ganho, ou seja, machos não castrados apresentam maior potencial de crescimento, mas também maiores exigências de PL para ganho. Para zebuínos, observa-se menores valores de PL para ganho para machos castrados em relação a fêmeas provavelmente devido ao menor peso de corpo vazio e conteúdo de gordura corporal das fêmeas.

Animais em pastejo apresentaram menores estimativas de PL para ganho, considerando-se um mesmo GPCVZ e ER em comparação a animais terminados em confinamento de mesma classe sexual e grupo genético (machos não castrados e zebuínos). Além disso, no banco de dados dessa edição do BR-CORTE, os animais criados a pasto foram abatidos com peso corporal menor, uma vez que a média do peso corporal metabólico foi de 53,9 kg, enquanto que para animais criados em confinamentos foi de 71,9 kg, demonstrando que existe a necessidade de mais estudos com animais criados a pasto que sejam abatidos com pesos corporais maiores.

Tabela 8.6 - Equações obtidas para estimar as exigências líquidas de proteína para ganho de animais criados a pasto ou em confinamento de diferentes grupos genéticos e classes sexuais

Sistema	Grupo genético	Classe sexual	Equação
Confinamento	Zebuínos	Machos não castrados	$PLg = 210,09 \times GPCVZ - 10,01 \times ER$
		Machos castrados	$PLg = 153,13 \times GPCVZ - 2,53 \times ER$
		Fêmeas	$PLg = 193,90 \times GPCVZ - 12,16 \times ER$
	Cruzados de corte	Machos não castrados	$PLg = 281,77 \times GPCVZ - 27,66 \times ER$
		Machos castrados	$PLg = 219,94 \times GPCVZ - 12,04 \times ER$
		Fêmea	$PLg = 174,65 \times GPCVZ - 3,14 \times ER$
	Cruzados de leite	Machos não castrados	$PLg = 171,43 \times GPCVZ - 3,08 \times ER$
		Machos castrados	$PLg = 236,36 \times GPCVZ - 19,84 \times ER$
		Fêmea	$PLg = 206,58 \times GPCVZ - 15,39 \times ER$
Pasto	Zebuínos	Machos não castrados	$PLg = 181,43 \times GPCVZ - 2,88 \times ER$

PLg = exigência líquida de proteína para ganho (g/dia); GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia); ER = energia retida (Mcal/dia).

Eficiência de utilização da proteína metabolizável

Para que as exigências líquidas de proteína sejam convertidas em exigência de PM é preciso estimar a eficiência parcial de utilização da PM para ganho (k). A PM contém a PNDR digestível e a proteína microbiana verdadeira digestível, sendo que esta representa a quantidade de aminoácidos absorvidos no intestino delgado.

Dentre os sistemas internacionais de predição das exigências nutricionais de bovinos de corte, o NRC (1984) relatou que a média do valor biológico de aminoácidos absorvidos por bovinos é 66%, valor obtido por Zinn e Owens (1983). Assim, baseando-se neste e em outros estudos, o NRC (1985) adotou valores de 50 e 65% para eficiência de utilização da PM para ganho (k), sendo esses valores baseados no valor biológico da proteína e no valor de uma mistura ideal de aminoácidos (Oldham, 1987). Oldham (1987) sugeriu, ainda, uma eficiência de 85% para todas as funções fisiológicas, como um valor referente a eficiência de conversão de uma mistura ideal de aminoácidos. Como na prática isso não acontece, a eficiência real normalmente encontra-se abaixo deste valor.

De acordo com o sistema britânico (AFRC, 1993), a eficiência de utilização de uma mistura ideal de aminoácidos é denominada de k_{aai} , sendo que esta característica é inerente ao animal. Entretanto, esse sistema reconheceu que, na prática, valores mais baixos do que a eficiência ideal tem sido encontrados, sendo estes

valores dependentes basicamente da qualidade da mistura de aminoácidos na PNDR digestível e da proporção entre PNDR digestível e da proteína microbiana verdadeira digestível no intestino delgado. Assim, o AFRC (1993) considera valores fixos para eficiência de utilização da PM de 100% para manutenção, 59% para ganho, 85% para gestação e 68% para lactação.

Devido à elevada qualidade da mistura de aminoácidos da proteína microbiana, o valor biológico da proteína microbiana é alto, fazendo com que a proporção de proteína microbiana na proteína total que chega ao intestino possa alterar a eficiência de utilização da PM (NRC, 2000). Enquanto isso, o sistema francês (INRA, 1988) considerou uma k variável à medida que se aumenta o peso corporal. Essa eficiência decrescente foi confirmada por Ainslie et al. (1993) e Wilkerson et al. (1993). Tais autores obtiveram os dados à partir de animais com pesos corporais variando entre 150 e 300 kg, fazendo com que o NRC (2000) adotasse a equação desenvolvida por Ainslie et al. (1993) para estimar o valor k para animais de 150 a 300 kg, como sendo:

$$k = 83,4 - (0,114 \times PCVZeq).$$

Assim, um bovino com 150 kg de PCVZeq terá um valor de k igual de 66,3, enquanto que um bovino com 300 kg terá uma eficiência de 49,2. O NRC (2000) utiliza a equação acima somente para animais com PCVZeq menor que 300 kg; enquanto que para

pesos superiores, o NRC (2000) recomendou o valor fixo de 49,2, oriundo das versões anteriores (NRC, 1984). Vale ressaltar que as exigências de proteína para ganho de peso são relativamente baixas quando os animais atingem pesos corporais em torno de 400 kg.

Dados da literatura nacional reportam valores de eficiência de uso da PM para ganho de 33,3% (Costa e Silva et al., 2013) e 34,4% (Menezes et al., 2016) para bovinos Nelore nas fases de crescimento e terminação, respectivamente. Enquanto isso, Zanetti (2014) e Silva (2015) obtiveram valores de k iguais a 29,7 e 25,2% para machos castrados e fêmeas Holandês \times Zebu, respectivamente. Muitos fatores como idade, composição ou condição de alimentação podem afetar a eficiência de uso da proteína para ganho (Blaxter et al., 1966; Garrett, 1980; Gionbelli et al., 2012, Marcondes et al., 2013).

A primeira versão do BR-CORTE utilizou as recomendações preconizadas pelo NRC (2000) para a k , em que o valor de k foi considerado como o coeficiente de inclinação obtido da regressão entre a proteína retida e o consumo de PM. Por outro lado, o BR-CORTE (2010), avaliando a proteína retida (PR) em função do consumo de PM (Figura 8.6), não

encontrou efeito de grupo genético ou condição sexual sobre a k , sendo a equação final adotada igual a:

$$PR = -2,223 + 0,4691 \times CPM,$$

em que PR é a proteína retida ($\text{g/PCVZ}^{0,75}$) e CPM e o consumo de proteína metabolizável ($\text{g/PCVZ}^{0,75}$).

A partir dessa equação, a eficiência de utilização da PM para ganho de peso foi de 46,9% para animais zebuínos e cruzados de corte, sendo este valor próximo ao preconizado pelo NRC (2000), de 49,2%. Na edição anterior do BR-CORTE, as mesmas eficiências preconizadas para animais terminados em confinamento foram adotadas para animais criados em pastejo devido à pequena quantidade de dados disponíveis.

Na atual edição do BR-CORTE, uma equação semelhante foi novamente ajustada e o valor obtido foi de 47,4% (Figura 8.7) para animais criados a pasto e em confinamento. Ainda, a quantidade de dados oriundos de experimentos a pasto foi pequena, o que impossibilitou a avaliação do efeito de sistema de produção para k .

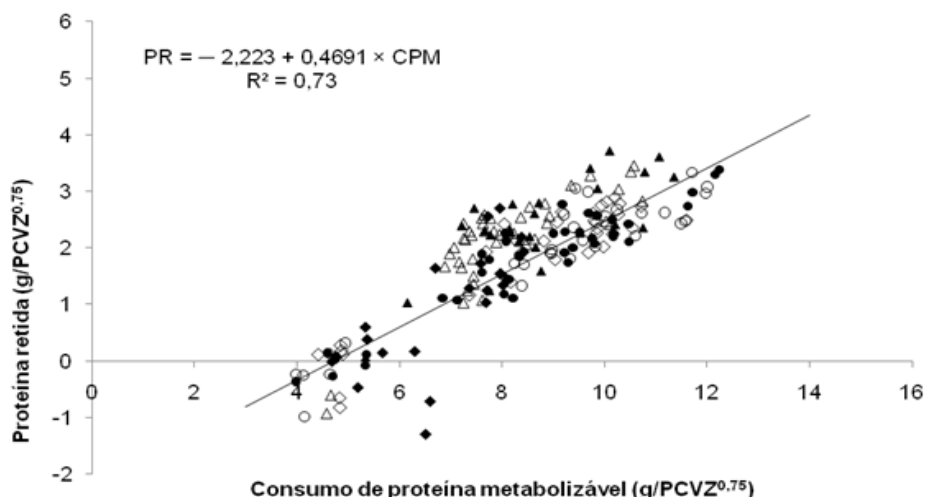


Figura 8.6 - Relação entre a proteína retida e o consumo de proteína metabolizável. Os símbolos representam dados de machos não castrados (\blacktriangle , \triangle), machos castrados (\diamond , \blacklozenge), e fêmeas (\circ , \bullet). Pontos sólidos representam animais Nelore e pontos vazios representam animais cruzados *Bos indicus* \times *Bos taurus* (BR-CORTE, 2010)

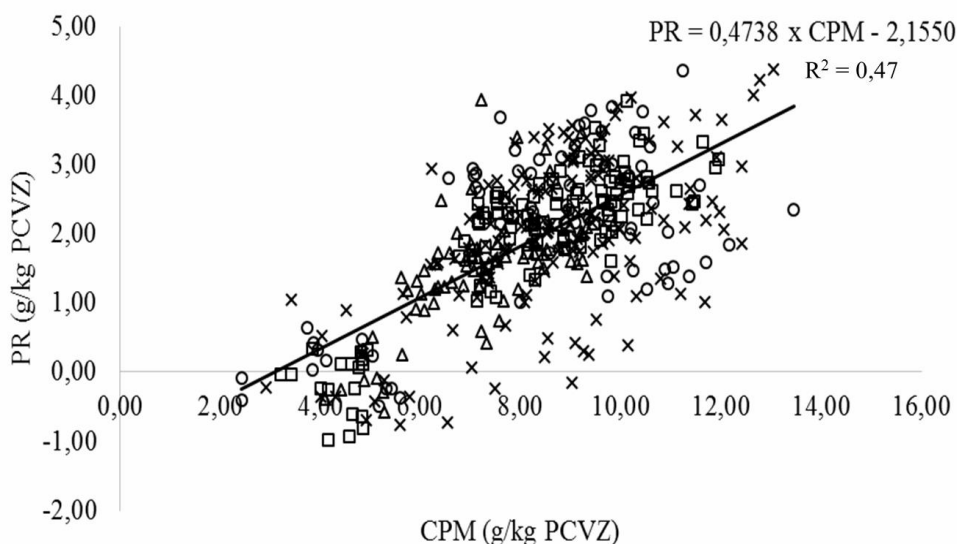


Figura 8.7 - Relação entre a proteína retida (PR) e o consumo de proteína metabolizável (CPM) de animais terminados em sistema de confinamento. Os símbolos representam dados de zebuínos (×), cruzados de corte (○) e cruzados de leite (□).

A maioria dos sistemas de exigências nutricionais (INRA, 1988; AFRC, 1993; NRC, 2000; CSIRO, 2007) relatam que o uso de uma eficiência constante não representa a real eficiência dos animais. A eficiência de utilização da PM para ganho de peso parece estar mais relacionada com a composição da PM que chega ao intestino delgado do que com o PCVZeq (Oldham, 1987), como sugerido pelo INRA (1988).

Na segunda edição do BR-CORTE, em 2010, estimou-se a eficiência média de cada experimento e esses valores foram correlacionados com o PCVZeq médio de cada experimento para gerar a equação para estimar a eficiência de utilização da PM para ganho de peso (k):

$$k = 84,665 - 0,1179 \times \text{PCVZeq},$$

em que PCVZeq é o peso de corpo vazio equivalente.

Essa equação recomendada na edição anterior foi mantida para a atual edição. Contudo, na última edição, a recomendação era para que esta equação fosse utilizada para animais que apresentassem PCJ < 350 kg. Como a eficiência de utilização de PM para ganho de peso aumentou para animais adultos (46,9 para 47,4%), a nova recomendação seria o uso dessa equação para animais com PCJ < 340 kg. Assim, considerando animal de 150 kg PCJ, com o uso da equação acima, a

eficiência seria de 67%, sendo que esse valor é próximo do sugerido pela equação do NRC (2000) de 66%. Adicionalmente, observa-se que a medida que o animal cresce, ou seja, tem seu peso corporal aumentado, a k diminui até o PCJ igual a 340 kg. A partir desse peso, a eficiência deve ser constante e igual a 47,4%. O NRC (2000) considerou o valor de 49,2 como essa eficiência para animais com peso corporal superior a 300 kg, sendo essa mesma eficiência mantida pelo BCNRM (2016).

A produção de PBmic foi calculada considerando a recomendação apresentada no capítulo 3 em que a síntese microbiana foi calculada em função do consumo de PB e dos nutrientes digestíveis totais (CNDT) como apresentado a seguir:

$$\text{PBmic (g/dia)} = -53,07 + 304,9 \times \text{CPB} + 90,8 \times \text{CNDT} - 3,13 \times \text{CNDT}^2,$$

em que CPB = consumo de proteína bruta (kg/dia) e CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia). Assim, as exigências de PDR foram calculadas a partir das recomendações dessa edição em que a síntese de proteína microbiana iguala-se às exigências de PDR (para maiores detalhes, ver capítulo 3):

$$\text{PDR} = \text{PBmic},$$

enquanto que as exigências de PNDR foram obtidas a partir da equação:

$$\text{PNDR} = (\text{proteína metabolizável total} - (\text{PBmic} \times 0,64)) / 0,80.$$

Para se obter as exigências de PB, deve-se proceder à soma das exigências de PDR e PNDR.

Observa-se que o valor usado para a digestibilidade verdadeira da PB microbiana e da PNDR no intestino delgado foi recentemente confirmado na pesquisa de Mariz (2016, dados não publicados), que trabalhando com bovinos Nelore e cruzados Angus \times Nelore, fistulados no rúmen e no íleo, estimou a digestibilidade verdadeira da PBmic e da PNDR média de aproximadamente 80%.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A RECICLAGEM DE COMPOSTOS NITROGENADOS

A reciclagem da uréia no fígado para o rúmen e glândulas salivares é uma das particularidades que envolve a fisiologia e a nutrição dos ruminantes e que representa uma vantagem evolutiva para estes animais, permitindo sua sobrevivência em períodos nos quais o teor de proteína da dieta é inferior a 7% (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2010). De acordo com Batista et al. (2016), ao providenciar amônia para os microrganismos ruminais, a reciclagem da ureia afeta a quantidade de N disponível no rúmen que deve ser fornecida diretamente a partir da dieta. Portanto, os sistemas nutricionais devem considerar o N reciclado para estimar as exigências de proteína dos animais. Considerando tais aspectos, a atual edição do sistema americano (BCNRM, 2016) considera a reciclagem de uréia para o rúmen como sendo o valor obtido pela seguinte equação:

$$\text{N uréia} = (-0,1113 + 0,996 \times \exp^{-0,0616 \times \text{PB}}) \times (0,745 \times \text{CN} - 11,98),$$

em que, N uréia = N reciclado para o rúmen na forma de uréia (g/dia); PB = teor de proteína bruta da dieta (% MS); CN = consumo de nitrogênio (g/dia). Com isso, o BCNRM (2016) espera que com o uso da reciclagem de N nos cálculos, os valores das exigências de PB estejam mais próximos do real, permitindo a formulação

de dietas que otimizem o desempenho animal, reduzam perdas econômicas e evitem contaminação ambiental.

Até a edição anterior do BR-CORTE, a reciclagem de nitrogênio não foi considerada nos cálculos de exigências de proteína, o que possivelmente contribuiu para a superestimação das recomendações de PB na dieta de bovinos.

Contudo, Batista et al. (2016), avaliando forragem de baixa qualidade (5,0% PB na base da MS) ou dietas contendo infusão ruminal de proteína para atender 100% das exigências de PDR e de 0 a 150% das exigências de PNDR, encontraram que 22% do total de N microbiano na dieta controle foi derivado da reciclagem de uréia, enquanto nas dietas suplementadas, essa incorporação foi de 10%. Além disso, avaliando dietas com diferentes teores de PB (9, 11, 13 e 15% na base da MS) e considerando o teor de PDR, a quantidade de N ingerido e a produção de nitrogênio microbiano obtidos em cada nível dietético de PB, Prates (2015) verificou que a eficiência de captação de N ingerido degradado no rúmen em nitrogênio microbiano variou de 120 a 90,28%, entre as dietas de 9 e 15% de PB, respectivamente. Assim na dieta com 9% de PB a quantidade de N reciclado incorporado ao N microbiano foi de aproximadamente 20%, reduzindo para próximo de 10% na dieta contendo 11% de PB, para aproximadamente zero na dieta com 13% de PB. Ainda, para a dieta com 15% de PB, foi observada uma perda líquida de N no rúmen próxima de 10%. Com isso, considerando os dados descritos acima, observa-se que a reciclagem de N para o rúmen parece contribuir com 10 a 20% do N microbiano, considerando dietas variando de 5 a 13% de PB. Esses valores são levemente menores que os calculados pela equação sugerida pelo BCNRM (2016).

Dessa forma, o BR-CORTE (2016) não recomenda nenhum valor para a reciclagem de N, apesar de reconhecer a importância da reciclagem de N, mas considerando que apenas Batista et al. (2016) mediram efetivamente a reciclagem de uréia, utilizando animais alimentados com forragem de baixa qualidade e com infusão de N em condições tropicais. Assim, o BR-CORTE considera que a quantidade reciclada pode ser compensada pela ineficiência de captação de N degradado no rúmen para N microbiano

AValiação Prática de Níveis de Proteína Bruta na Dieta de Bovinos de Corte

Dois estudos foram desenvolvidos para avaliar o efeito da redução de níveis de PB na dieta de bovinos de corte, sendo utilizados animais contemporâneos em ambos estudos. No estudo 1 (Amaral, dados não publicados), os animais foram desmamados e destinados para recria/terminação em confinamento, enquanto que no estudo 2 (Menezes et al., 2016), os animais foram desmamados, recriados somente a pasto por um ano e submetidos a terminação em confinamento. Em ambos os experimentos foram utilizados os níveis de 10, 12 e 14% PB com base na matéria seca total das dietas.

Estudo 1

Este estudo foi constituído por três períodos experimentais, tendo os dois primeiros períodos duração de 84 dias cada (representando a fase de crescimento/recria), e o terceiro período com duração de 56 dias (representando a fase de terminação). Os bovinos de dois grupos

genéticos (Nelore e Angus × Nelore) foram divididos em três grupos, recebendo dietas com 10, 12 e 14% PB. Os animais alimentados com 10 e 12% PB apresentaram maior consumo de matéria seca nos períodos avaliados (Figura 8.8). Já os animais alimentados com 14% PB tiveram GMD igual aos animais alimentados com 12% PB nos dois primeiros períodos de avaliação (Figura 8.9) e superior aos de 10% PB, enquanto que no último período, todos os animais apresentaram o mesmo GMD.

Considerando todo o período experimental, o teor de PB da dieta não afetou ($P>0,05$) o peso corporal final dos animais e o teor de gordura subcutânea, mas influenciou o ganho diário de carcaça que foi menor ($P<0,05$) para a dieta com 10% de PB. Houve diferença entre os grupos genéticos para o peso corporal em jejum e para o peso de corpo vazio, e para o ganho diário de carcaça e o teor de gordura subcutânea que foram maiores ($P<0,05$) para os animais cruzados. O maior peso final dos animais cruzados pode ser explicado pelo maior peso inicial e maior ganho diário de carcaça.

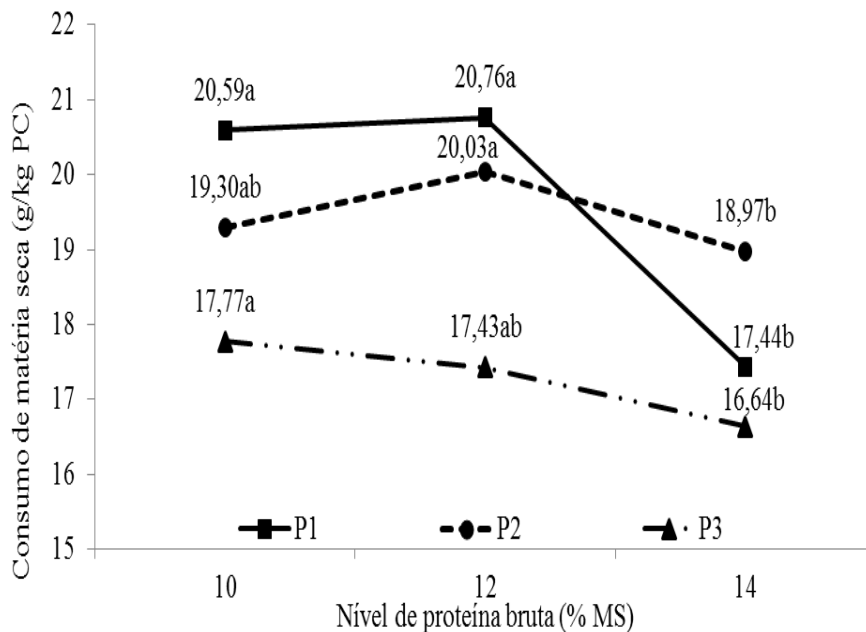


Figura 8.8 - Consumo de matéria seca (g/kg peso corporal) em função dos nível de proteína bruta na dieta e dos períodos de avaliação. Adaptada de Amaral (dados não publicados).

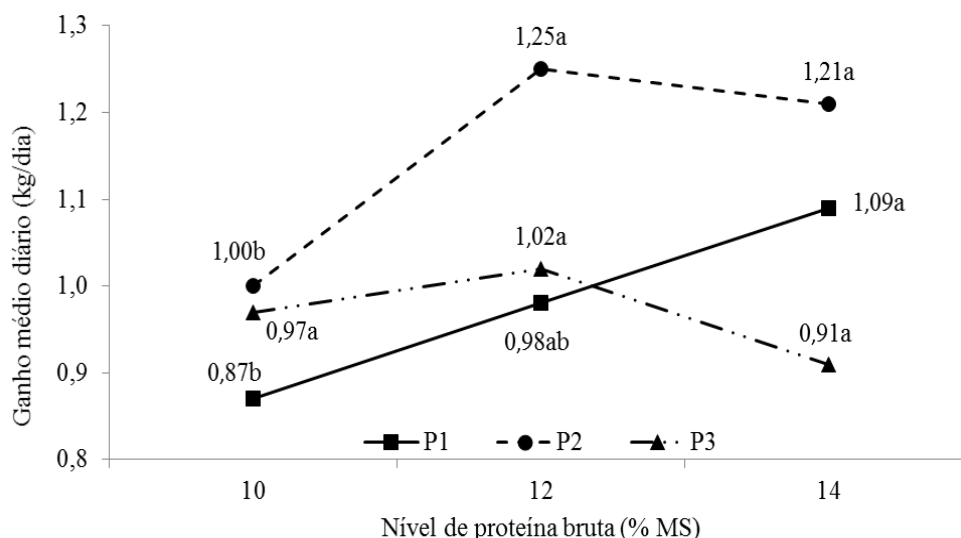


Figura 8.9 - Ganho médio diário (kg/dia) em função do nível de proteína bruta na dieta e dos períodos de avaliação. Adaptado de Amaral (dados não publicados).

Table 8.8 - Características de carcaça (PC = peso corporal, PVCZ = peso de corpo vazio, GDC = ganho de carcaça e G = gordura subcutânea) de bovinos Nelore e cruzados Angus × Nelore obtidos com dietas contendo diferentes teores de proteína bruta

Item	Nível de PB			Grupo genético		p-value		
	10%	12%	14%	N	A×N	CPL	GG	CPL×GG
PC inicial (kg)	218	214	226	213	226	0,08	<0,01	0,89
PC final (kg)	441	461	472	418	498	0,15	<0,01	0,20
PCVZ (kg)	408	429	433	388	459	0,17	<0,01	0,22
GDC (kg/d)	0,61b	0,70a	0,70a	0,58	0,76	0,02	<0,01	0,16
G (mm)	5,84	6,71	5,89	4,86	7,43	0,60	<0,01	0,51

Adaptado de Amaral (dados não publicados).

Isso demonstra que bezerros que são desmamados e logo em seguida destinados para a terminação em confinamento devem receber uma dieta com níveis de PB em torno de 12% na fase inicial do crescimento, enquanto que ao final desse período, ou seja, na terminação, o teor de PB na dieta poderia ser reduzido para 10% sem causar efeito no desempenho dos animais nessa fase.

Estudo 2

Neste experimento, foram utilizados animais contemporâneos do estudo anterior porém somente na fase de terminação, sendo confinados durante 112 dias, divididos nas mesmas dietas do estudo anterior. Contudo, Menezes et al. (2016) não observaram efeito dos níveis de PB no desempenho e características de carcaça destes animais durante o período de avaliação (Tabela 8.9).

Tabela 8.9 - Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore na fase de terminação alimentados com 3 diferentes níveis de proteína bruta

Item	Níveis de proteína bruta			EPM	Contraste	
	10%	12%	14%		Linear	Quadrático
Peso corporal inicial (kg)	324	325	329			
Peso corporal final (kg)	470	479	477	9,13	0,57	0,64
Ganho médio diário (kg)	1,30	1,50	1,50	0,06	0,64	0,53
Peso de carcaça quente (kg)	286	288	285	6,42	0,90	0,72
Espessura de gordura (mm)	5,00	5,60	4,40	0,72	0,59	0,30
Rendimento de carcaça quente	60,9	60,1	59,6	0,58	0,14	0,90

De acordo com Winschester et al. (1957), os níveis de proteína da dieta influenciam o ganho médio diário de animais na fase de crescimento, porém o mesmo comportamento não é observado em animais na fase de terminação. Isto ocorre porque as exigências de proteína dos animais reduzem à medida que estes alcançam a maturidade (NRC, 1996), e passam a depositar mais gordura, aumentando a razão gordura:músculo na carcaça animal.

Entretanto, os confinamentos brasileiros normalmente adotam níveis de PB entre 9,3 e 16,6%, com valores médios de 13,5% (Oliveira e Millen, 2014), pois acredita-se que níveis mais elevados de PB estimulariam o consumo de matéria seca e estariam relacionados a elevados ganhos de peso (Véras et al., 2007). Porém, Menezes et al. (2016) mostraram que o consumo de matéria seca não é afetado pelo nível proteico da dieta, e que a redução dos níveis de PB na fase de terminação contribui para a redução dos custos com alimentação. De acordo com estes autores, o excesso de consumo de PB na dieta de 14% PB em relação à dieta 10% PB foi de 330 g/dia, o equivalente a 733 g de farelo de soja que poderiam ser economizados por animal por dia. Assim, a redução nos níveis de PB dietéticos é possível e viável, principalmente na fase de terminação, o que gera redução dos custos com alimentação,

visto que a proteína é o nutriente mais caro da dieta dos animais.

Com base nestes experimentos, o BR-CORTE sugere que se o objetivo for produzir animais superprecoces, a adoção de diferentes teores de PB na recria e terminação pode reduzir os custos de produção e aumentar a lucratividade do sistema. Já na fase de terminação, que no experimento avaliado iniciou com animais em torno de 11 arrobas ou 330 kg de PC, não foi encontrada diferença no desempenho de bovinos Nelore terminados com dietas contendo 10, 12 ou 14% de PB.

TABELAS DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE PROTEÍNA

Nas Tabelas 8.10 e 8.11, são apresentadas as equações que foram utilizadas para estimar as exigências de proteína para animais zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite de diferentes classes sexuais, terminados em condição de confinamento ou pasto.

Nas Tabelas 8.12, 8.13 e 8.14, as exigências de proteína são apresentadas para animais zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite, respectivamente, em função das classes sexuais e para diferentes pesos corporais e taxas de ganho de peso. Além disso, na Tabela 8.15, as exigências de proteína estão apresentadas para zebuínos criados a pasto para diferentes pesos corporais e taxas de ganho de peso.

Tabela 8.10 - Resumo das equações utilizadas para converter o peso corporal e o ganho médio diário para peso de corpo vazio e o ganho de peso de corpo vazio para animais zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite de três condições sexuais, terminados em confinamento ou em sistema de pastejo

Item	Sistema	Grupo genético	Classe sexual	Equações	Unidade
PCJ		Zebuínos		$0,88 \times PC^{1,0175}$	kg
		Cruzados		$0,9664 \times PC^{1,0017}$	
PCVZ	Confinamento	Zebuínos	Machos não castrados	$0,8126 \times PCJ^{1,0134}$	kg
			Machos castrados	$0,6240 \times PCJ^{1,0608}$	
			Fêmeas	$0,6110 \times PCJ^{1,0667}$	
	Cruzados	Machos não castrados	$0,7248 \times PCJ^{1,0314}$		
		Machos castrados	$0,6586 \times PCJ^{1,0499}$		
		Fêmeas	$0,6314 \times PCJ^{1,0602}$		
Pasto	-	-	$0,8507 \times PCJ^{1,0002}$		
GPCVZ				$0,963 \times GMD^{1,0151}$	kg/dia
PCVZeq		Zebuínos	Machos não castrados	$(PCVZ/517) \times 517$	kg
			Machos castrados	$(PCVZ/433) \times 517$	
			Fêmeas	$(PCVZ/402) \times 517$	
		Cruzados de corte	Machos não castrados	$(PCVZ/560) \times 517$	
			Machos castrados	$(PCVZ/482) \times 517$	
			Fêmeas	$(PCVZ/417) \times 517$	
		Cruzados de leite	Machos não castrados	$(PCVZ/616) \times 517$	
			Machos castrados	$(PCVZ/532) \times 517$	
			Fêmeas	$(PCVZ/493) \times 517$	

Tabela 8.11 - Resumo das equações utilizadas para estimar de exigências de proteína para animais zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite de três condições sexuais, terminados em confinamento ou em sistema de pastejo

Item	Sistema	Grupo genético	Classe sexual	Equações	Unidade
PMm	Confinamento			$3,6 \times PCJ^{0,75}$	g/dia
	Pasto			$3,9 \times PCJ^{0,75}$	
ER				$0,061 \times PCVZeq^{0,75} \times GPCVZ^{1,035}$	Mcal/dia
PLg	Confinamento	Zebuínos	Machos não castrados	$210,09 \times GPCVZ - 10,01 \times ER$	g/dia
			Machos castrados	$153,13 \times GPCVZ - 2,53 \times ER$	
			Fêmeas	$193,90 \times GPCVZ - 12,16 \times ER$	
		Cruzados de Corte	Machos não castrados	$281,77 \times GPCVZ - 27,66 \times ER$	
			Machos castrados	$219,94 \times GPCVZ - 12,04 \times ER$	
			Fêmeas	$174,65 \times GPCVZ - 3,14 \times ER$	
	Cruzados de Leite	Machos não castrados	$171,43 \times GPCVZ - 3,08 \times ER$		
		Machos castrados	$236,36 \times GPCVZ - 19,84 \times ER$		
		Fêmeas	$206,58 \times GPCVZ - 15,39 \times ER$		
Pasto	-	-	$181,43 \times GPCVZ - 2,88 \times ER$		
k				$PCJ < 340 \text{ kg: } 84,665 - 0,1179 \times PCVZeq$ $PCJ > 340 \text{ kg: } 47,4$	%
PMg				PLg/k	g/dia
PM total				$PMm + PMg$	g/dia
PBmic				$- 53,07 + 304,9 \times CPB + 90,8 \times CNDT - 3,13 \times CNDT^2$	g/dia
PDR				PBmic	g/dia
PNDR				$(PMt - (PBmic \times 0,64))/0,80$	g/dia
PB				PDR + PNDR	g/dia

Dessa forma, considerando um macho Nelore não castrado de 400 kg, ganhando 1 kg/dia, em confinamento, tem-se:

- $PCJ = 0,88 \times PC^{1,0175} = 0,88 \times 400^{1,0175} = 390,9 \text{ kg}$
- $PCVZ = 0,8126 \times PCJ^{1,0134} = 0,8126 \times 390,9^{1,0134} = 344,1 \text{ kg}$
- $GPCVZ = 0,963 \times GMD^{1,0151} = 0,963 \times 1^{1,0151} = 0,96 \text{ kg/dia}$
- $PCVZeq = (PCVZ/517) \times 517 = (344,1/517) \times 517 = 344,1 \text{ kg}$
- $PMm = 3,6 \times PCJ^{0,75} = 3,6 \times 390,9^{0,75} = 316 \text{ g/dia}$
- $ELg = 0,061 \times PCVZeq^{0,75} \times GPCVZ^{1,035} = 0,061 \times 344,1^{0,75} \times 0,96^{1,035} = 4,69 \text{ Mcal/dia}$
- $PLg = 210,09 \times GPCVZ - 10,01 \times ER = 210,09 \times 0,96 - 10,01 \times 4,69 = 155,4 \text{ g/dia}$
- $k = 47,4\%$
- $PMg = PLg/k = 155,4/0,474 = 328 \text{ g/dia}$
- $PM \text{ total} = PMm + PMg = 316 + 328 = 644 \text{ g/dia}$
- $PBmic = - 53,07 + 304,9 \times CPB + 90,8 \times CNDT - 3,13 \times CNDT^2 = - 53,07 + 304,9 \times 0,929 + 90,8 \times 5,21 - 3,13 \times 5,21^2 = 618 \text{ g/dia}$
- $PDR = PBmic = 618 \text{ g/dia}$
- $PNDR = [PMt - (PBmic \times 0,64)]/0,80 = [644 - (618 \times 0,64)]/0,80 = 311 \text{ g/dia}$
- $PB = PDR + PNDR = 618 + 311 = 929 \text{ g/dia}$

Para cruzados de corte, considerando um macho não castrado de 400 kg, ganhando 1 kg/dia, em confinamento, têm-se:

- $PCJ = 0,9664 \times PC^{1,0017} = 0,9664 \times 400^{1,0017} = 390,5 \text{ kg}$
- $PCVZ = 0,7248 \times PCJ^{1,0314} = 0,7248 \times 390,5^{1,0314} = 341,4 \text{ kg}$
- $GPCVZ = 0,963 \times GMD^{1,0151} = 0,963 \times 1^{1,0151} = 0,96 \text{ kg/dia}$
- $PCVZeq = (PCVZ/560) \times 517 = (341,4/560) \times 517 = 315,2 \text{ kg}$
- $PMm = 3,6 \times PCJ^{0,75} = 3,6 \times 390,5^{0,75} = 316,3 \text{ g/dia}$
- $ELg = 0,061 \times PCVZeq^{0,75} \times GPCVZ^{1,035} = 0,061 \times 315,2^{0,75} \times 0,96^{1,035} = 4,39 \text{ Mcal/dia}$
- $PLg = 281,77 \times GPCVZ - 27,66 \times ER = 281,77 \times 0,96 - 27,66 \times 4,39 = 150 \text{ g/dia}$
- $k = 47,4\%$
- $PMg = PLg/k = 150/0,474 = 316,4 \text{ g/dia}$
- $PM \text{ total} = PMm + PMg = 316,3 + 316,4 = 633 \text{ g/dia}$
- $PBmic = - 53,07 + 304,89 \times CPB + 90,79 \times CNDT - 3,13 \times CNDT^2 = - 53,07 + 304,9 \times 0,912 + 90,8 \times 5,10 - 3,13 \times 5,10^2 = 606 \text{ g/dia}$
- $PDR = PBmic = 606 \text{ g/dia}$
- $PNDR = [PMt - (PBmic \times 0,64)]/0,80 = [633 - (606 \times 0,64)]/0,80 = 306 \text{ g/dia}$
- $PB = PDR + PNDR = 606 + 306 = 912 \text{ g/dia}$

Tabela 8.12 - Exigências de proteína para zebuínos de diferentes classes sexuais, pesos corporais e taxas de ganho de peso

Exigências	Peso corporal (kg)											
	300			350			400			450		
GMD (kg/dia)	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
CMS (kg/dia)	5,61	6,96	7,86	6,30	7,65	8,54	6,96	8,31	9,21	7,60	8,95	9,85
Machos não castrados												
PMm (g/dia)	254			286			316			346		
PLg (g/dia)	82,0	165	248	79,7	160	241	77,5	155	234	75,3	151	227
PMg (g/dia)	150	302	455	168	338	508	163	328	493	159	318	478
PMt (g/dia)	405	556	709	454	623	793	480	644	809	505	665	824
PDR (g/dia)	389	527	658	435	583	723	471	618	757	504	651	788
PNDR (g/dia)	194	274	359	219	313	413	223	311	406	228	310	400
PB (g/dia)	583	801	1018	654	896	1136	694	929	1163	732	961	1188
Machos castrados												
PMm (g/dia)	254			286			316			346		
PLg (g/dia)	67,7	137	206	67,0	135	204	66,3	134	202	65,7	132	199
PMg (g/dia)	140	282	425	141	285	430	140	282	425	139	279	421
PMt (g/dia)	394	536	679	427	571	716	456	599	742	485	625	767
PDR (g/dia)	392	532	665	434	578	712	472	618	753	508	656	790
PNDR (g/dia)	179	244	317	187	251	324	193	254	325	199	257	326
PB (g/dia)	571	776	982	621	829	1037	665	872	1078	708	913	1117
Fêmeas												
PMm (g/dia)	254			286			316			346		
PLg (g/dia)	65,4	131	196	61,8	123	185	58,3	116	174	54,9	109	163
PMg (g/dia)	145	290	434	130	260	390	123	245	367	116	230	344
PMt (g/dia)	399	544	688	416	546	676	440	562	683	462	576	690
PDR (g/dia)	399	544	679	435	577	707	471	612	741	506	646	771
PNDR (g/dia)	180	245	318	173	222	279	173	212	261	173	204	246
PB (g/dia)	578	788	996	607	798	986	644	824	1002	679	850	1017

Tabela 8.13 - Exigências de proteína para cruzados de corte de diferentes classes sexuais, pesos corporais e taxas de ganho de peso

Exigências	Peso corporal (kg)											
	300			350			400			450		
GMD (kg/dia)	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
CMS (kg/dia)	5,81	7,28	8,45	6,38	7,85	9,02	6,93	8,40	9,57	7,46	8,93	10,1
Machos não castrados												
PMm (g/dia)	255			286			316			346		
PLg (g/dia)	87,4	174	261	81,4	162	242	75,7	150	224	70,1	138	206
PMg (g/dia)	153	305	457	172	342	510	160	316	472	148	292	434
PMt (g/dia)	408	560	712	458	628	796	476	633	788	493	637	780
PDR (g/dia)	390	528	658	436	583	722	467	611	746	497	637	767
PNDR (g/dia)	197	278	363	223	318	418	221	302	389	219	287	361
PB (g/dia)	588	806	1022	660	901	1140	688	913	1134	716	924	1128
Machos castrados												
PMm (g/dia)	255			286			316			346		
PLg (g/dia)	81,8	164	247	78,8	158	237	75,9	152	228	73,1	146	219
PMg (g/dia)	156	314	472	166	333	501	160	321	481	154	308	462
PMt (g/dia)	411	569	727	452	619	787	476	637	798	500	654	808
PDR (g/dia)	398	543	680	441	593	735	476	627	768	509	659	798
PNDR (g/dia)	196	277	364	212	300	395	215	294	383	218	290	372
PB (g/dia)	594	819	1044	654	893	1130	691	922	1150	727	949	1170
Fêmeas												
PMm (g/dia)	255			286			316			346		
PLg (g/dia)	76,4	154	232	75,6	152	230	74,7	151	227	73,9	149	224
PMg (g/dia)	164	331	498	159	321	484	158	318	479	156	314	473
PMt (g/dia)	419	585	753	445	607	770	474	634	795	501	659	818
PDR (g/dia)	409	563	708	447	603	748	485	642	787	520	679	823
PNDR (g/dia)	196	281	375	199	277	365	204	279	364	210	281	365
PB (g/dia)	605	844	1083	646	880	1112	689	921	1151	731	960	1188

Tabela 8.14 - Exigências de proteína para cruzados de leite de diferentes classes sexuais, pesos corporais e taxas de ganho de peso

Exigências	Peso corporal (kg)											
	300			350			400			450		
GMD (kg/dia)	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
CMS (kg/dia)	5,21	6,75	7,80	5,96	7,49	8,55	6,68	8,21	9,27	7,37	8,91	9,96
Machos não castrados												
PMm (g/dia)	255			286			316			346		
PLg (g/dia)	76,8	155	234	76,2	154	232	75,6	153	230	75,0	151	228
PMg (g/dia)	129	260	392	161	324	489	160	322	485	158	319	481
PMt (g/dia)	384	515	647	447	610	775	476	638	801	504	665	827
PDR (g/dia)	393	535	668	436	583	720	473	621	759	508	657	795
PNDR (g/dia)	165	216	275	210	297	393	216	301	395	223	305	398
PB (g/dia)	558	751	942	646	880	1113	689	922	1153	731	962	1192
Machos castrados												
PMm (g/dia)	255			286			316			346		
PLg (g/dia)	77,4	155	232	72,9	145	217	68,5	136	203	64,2	127	190
PMg (g/dia)	140	280	419	154	307	459	144	287	429	135	268	400
PMt (g/dia)	395	534	674	440	593	745	461	603	745	481	614	746
PDR (g/dia)	393	533	662	438	585	721	472	618	750	505	648	777
PNDR (g/dia)	179	242	312	200	273	354	198	260	332	197	249	311
PB (g/dia)	572	775	975	637	858	1075	670	878	1082	702	897	1088
Fêmeas												
PMm (g/dia)	255			286			316			346		
PLg (g/dia)	69,2	138	207	65,3	130	195	61,6	123	184	58,0	115	172
PMg (g/dia)	132	263	395	138	275	412	130	259	287	122	243	363
PMt (g/dia)	387	518	650	424	561	698	446	575	703	468	589	708
PDR (g/dia)	399	546	682	446	601	745	484	641	784	521	678	821
PNDR (g/dia)	164	211	267	173	220	277	170	206	252	168	193	229
PB (g/dia)	563	757	949	619	822	1022	655	847	1036	689	871	1050

Tabela 8.15 - Exigências de proteína para bovinos criados a pasto de diferentes classes sexuais, pesos corporais e taxas de ganho de peso

Exigências	Peso corporal (kg)											
	300			350			400			450		
GMD (kg/dia)	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
CMS (kg/dia)	5,61	6,96	7,86	6,30	7,65	8,54	6,96	8,31	9,21	7,60	8,95	9,85
PMm (g/dia)	275			310			343			375		
PLg (g/dia)	82,2	166	250	81,7	165	248	81,1	164	246	80,6	162	245
PMg (g/dia)	148	299	451	172	347	523	171	345	520	170	343	516
PMt (g/dia)	424	575	726	482	657	833	514	688	863	545	718	891
PDR (g/dia)	388	515	638	436	574	709	472	612	746	506	647	781
PNDR (g/dia)	220	306	397	254	362	474	265	371	481	277	380	489
PB (g/dia)	607	821	1035	690	936	1183	737	982	1227	783	1027	1270

REFERÊNCIAS

- Agricultural and Food Research Council – AFRC. *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. Wallingford, UK: Agricultural and Food Research Council. CAB International, 159p, 1993.
- Ainslie, S. J.; Fox, D. G.; Perry, T. C., et al. Predicting amino acid adequacy of diets fed to Holstein steers. *Journal of Animal Science*, 71:1312-1319, 1993.
- Amaral, P. M. *Desempenho e exigências nutricionais de bovinos mestiços Holandês x zebu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 69p, 2012.
- Amaral, P. M.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Santos, S. A.; Prados, L. F.; Mariz, L. D. S.; Alves, L. C.; Menezes, A. C. B.; Villadiego, F. A. C.; Novaes, M. A. S.; Silva, F. A. S. Effect of phase-feeding crude protein on performance and carcass characteristics of crossbred beef bulls: an application to reduce nitrogen compounds in beef cattle diets. *Tropical Animal Health and Production*. 46:419–425, 2014.
- Agricultural Research Council - ARC. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. London: Commonwealth Agricultural Bureau. The Gresham Press, 351 p, 1980.
- Appuhamy, J. A. D. R. N.; Nayananjalie, W. A.; England, E. M.; Gerrard, D. E.; Akers, R. M. Effects of AMP-activated protein kinase (AMPK) signaling and essential amino acids on mammalian target of rapamycin (mTOR) signaling and protein synthesis rates in mammary cells. *Journal of Dairy Science*, 97:419-429, 2014.
- Bach, A.; Calsamiglia, S.; Stern, M. D. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 88:E9-E21, 2005.
- Backes, A. A. *Composição corporal e exigências de energia, proteína e macro elementos minerais para bovinos mestiços leiteiros e zebu, castrados, em fase de recria e engorda, em confinamento*. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 97p, 2003.
- Batista, E. D.; Detmann, E.; Titgemeyer, E. C.; Valadares Filho, S. C.; Valadares, R. F. D.; Prates, L. L.; Rennó, L. N.; Paulino, M. F. Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nelore cattle fed low-quality tropical forage. *Journal of Animal Science*. 94:201–216, 2016.
- Beef Cattle Nutrient Requirements Model – BCNRM. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8th ed. Washington, D.C.: National Academies Press, 475 p, 2016.
- Blaxter, K. L.; Clapperton, J. L.; Wainman, F. W. Utilization of the energy and protein of the same diets by cattle of different ages. *Journal of Agriculture Science*. 67:67–75, 1966.
- Blaxter, K. L. *The Energy Metabolism of Ruminants*. Hutchinson, London, 332 p, 1967.
- Boin, C.; Leme, P. R.; Lanna, D. P. D. et al. Tourinhos Nelore em crescimento e acabamento. 2. Exigências de energia líquida de manutenção e eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e crescimento. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994, Maringá, Anais... Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 473, 1994.

- Boin, C. Alguns dados sobre exigências de energia e de proteína de zebuínos. In: Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Ruminantes, 1995, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 457-465, 1995.
- Boye, J.; Wijesinha-Bettoni, R.; Burlingame, B. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *British Journal of Animal Nutrition*, 108:83–211, 2012.
- Cavalcante, M. A. B.; Pereira, O. G.; Valadares Filho, S. C.; Ribeiro, K. G. Crude protein levels in diets of beef cattle: intake and apparent total tract, intestinal, and ruminal digestibilities of nutrients. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 14:711-719, 2005.
- Cervieri, R. C.; Arrigoni, M. B.; Oliveira, H. N.; Silveira, A. C.; Chardulo, L. A. L.; Costa, C.; Martins, C. L. Desempenho e Características de Carcaça de Bezerros Confinados Recebendo Dietas com Diferentes Degradabilidades da Fração Protéica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30:1590–1599, 2001.
- Chizzotti, M. L. *Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína microbiana em novilhas e vacas leiteiras*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 132p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- Commonwealth Scientific And Industrial Research Organization – CSIRO. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Victoria: Australia Agricultural Council. 270p, 2007.
- Costa e Silva, L.F. *Exigências nutricionais, validação de equações para a estimação da composição do corpo vazio e uso da creatinina para estimar a proporção de tecido muscular em bovinos Nelore*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 126p, 2011.
- Costa e Silva, L. F.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Rotta, P. P.; Zanetti, D.; Villadiego, F. A. C.; Pellizzoni, S. G.; Pereira, R. M. G. Performance, growth, and maturity of Nelore bulls. *Tropical Animal Health and Production*. 45:795–803, 2013.
- Costa e Silva, L. F. *Mineral requirements for Nelore cattle and equations to predict milk yield and dry matter intake for lactating Nelore cows and suckling Nelore calves*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 125 p, 2015.
- Dimarco, O. N.; Aello, M. S. Energy expenditure due to forage intake and walking of grazing cattle. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 53:105-100, 2001.
- Ezequiel, J. M. B. *Exigências de proteína e minerais de bovídeos: frações endógenas*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 131p, 1987.
- Ferreira, M. A. *Desempenho, exigências nutricionais e eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso de bovinos F1 Simental x Nelore*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 97 p, 1997.
- Ferreira, M. A., Valadares Filho, S. C.; Coelho Da Silva, J. F.; Paulino, M. F. Valadares, R. F. D.; Cecon, P. R.; Muniz, E. B. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de bovinos F1 Simental X Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28:352-360, 1999.
- Fontes, C. A. A. Composição corporal, exigências líquidas de nutrientes para ganho de peso e desempenho produtivo de animais zebuínos e mestiços europeu-zebu. Resultados experimentais. In: Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Ruminantes, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 419-455, 1995.
- Galyean, M. L. Invited review: Nutrient requirements of ruminants: Derivation, validation and application. *The Professional Animal Scientist*, 30:125-128, 2014.
- Galvão, J. G. C. *Estudo da eficiência nutritiva, características e composição física da carcaça de bovinos de três grupos raciais, abatidos em três estágio de maturidade*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 82p, 1991.
- Garret, W. N.; Meyer, J. H.; Lofgreen, J. P. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. *Journal of Animal Science*, 18:528-547, 1959.
- Garret, W. N. Factor influencing energetic efficiency of beef production. *Journal of Animal Science*, 51:1434- 1440, 1980.
- Geay, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science*, 58:766-778, 1984.

- Gionbelli, M. P.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Paulino, P. V. R.; Valadares, R. F. D.; Santos, T. R.; Costa e Silva, L. F.; Magalhães, F. A. Intake performance, digestibility, microbial efficiency and carcass characteristics of growing Nelore heifers fed two concentrate levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:1243–1252, 2012.
- Institut National De La Recherche Agronomique – INRA. *Alimentation des bovines, ovins, et caprins*. Paris, FR:INRA, 192p, 1988.
- Jorge, A. M. *Ganho de peso, conversão alimentar e características de carcaça de bovinos e bubalinos*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 97p, 1993.
- Lana, R. P.; Fontes, C. A. A.; Peron, A. J.; Paulino, M. F.; Queiroz, A. C.; Silva, D. J. Composição corporal e do ganho de peso e exigências de energia, proteína e macro elementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K), de novilhos de cinco grupos raciais. 2. Exigências de energia e proteína. *Revista Sociedade Brasileira Zootecnia*, 21:528-537, 1992.
- Lazzarini, I.; Detmann, E.; Sampaio, C. B.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Souza, M. A.; Oliveira, F. A. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:2021–2030, 2009.
- Leonel, F. P. *Exigência nutricionais em macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) para novilhos de diferentes grupos zootécnicos*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 53 p, 2003.
- Machado, P. A. S. *Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagem de brachiaria decumbens, suplementados no período de transição águas-secas*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 73 p, 2009.
- Marcondes, M. I. *Desempenho de bovinos Nelore alimentados individualmente ou em grupo, exigências nutricionais e avaliação proteica de alimentos para ruminantes*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 36 p, 2007.
- Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Valadares, R. F. D.; Paulino, M. F.; Nascimento, F. B.; Fonseca, M. A. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de tres classes sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:1587-1596, 2009.
- Marcondes, M. I. *Exigências nutricionais e predição da composição corporal de bovinos Nelore puros e cruzados*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 239 p, 2010.
- Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Oliveira, I. M.; Valadares, R. F. D.; Paulino, M. F.; Prados, L.F. Exigências nutricionais de animais Nelore puros e cruzados com as raças Angus e Simental. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:2235-2243, 2011.
- Marcondes, M. I.; Tedeschi, L. O.; Valadares Filho, S. C.; Gionbelli, M. P. Predicting efficiency of use of metabolizable energy to net energy for gain and maintenance of Nelore cattle. *Journal of Animal Science*, 91:4887-4898, 2013.
- Mariz, L. D. S. *Digestibilidade intestinal dos aminoácidos e utilização de ¹⁵N e bases purinas para a quantificação da síntese de proteína microbiana em zebuínos puros e cruzados alimentados com diferentes níveis dietéticos de proteína bruta*. 72 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2016.
- Martins, R. G. R. *Exigências de energia, proteína e macro elementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos Nelore e mestiços, não castrados, em confinamento*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 78 p, 2003.
- Menezes, A. C. B. *Use of ¹⁵N to estimate microbial contamination and protein degradation of concentrate feeds and the effect of decreasing dietary crude protein on methane emission and nitrogen losses in Nelore bulls*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 89 p, 2016.
- Menezes, A. C. B.; Valadares Filho, S. C.; Costa e Silva, L. F.; Pacheco, M. V. C.; Pereira, J. M. V.; Rotta, P. P.; Zanetti, D.; Detmann, E.; Silva, F. A. S.; Godoi, L. A.; Rennó, L. N. Does a reduction in dietary crude protein content affect performance, nutrient requirements, nitrogen losses, and methane emissions in finishing Nelore bulls? *Agriculture Ecosystem and Environment*. 223:239–249, 2016.

- Moraes, E. H. B. K. *Desempenho e exigências de energia, proteína e minerais de bovinos de corte em pastejo, submetidos a diferentes estratégias de suplementação*. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 136 p, 2006.
- National Research Council – NRC. *Ruminant Nitrogen Usage*. Washington, DC: National Academy Press, 138 p, 1985.
- National Research Council – NRC. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6th. edition. Washington, DC: National Academy Press, 90 p, 1984.
- National Research Council – NRC. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. Updated 7th. edition. Washington, DC: National Academy Press, 242p, 2000.
- National Research Council – NRC. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. 1st edition. Washington, D.C. National Academy Press, 362 p, 2006.
- Oldham, J. D. Efficiencies of amino acid utilization. In: Jarrige, R.; Alderman, G.(Ed). *Feed Evaluation and Protein Requirement Systems for Ruminants*. Brussels: Commission of the European Communities, 171-186, 1987.
- Oliveira, C. A.; Millen, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed Science and Technology*, 197:64-75, 2014.
- Paixão, M. L. *Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagens de brachiaria decumbens com suplementação proteica*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 110p, 2008.
- Paula, N. F. *Beef cattle growth in the grazing/supplement system receiving different nutritional plans*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 130p, 2012.
- Paulino, M. F. *Composição corporal e exigências de energia, proteína e macro elementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos não-castrados de quatro raças zebuínas em confinamento*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 80 p, 1996.
- Paulino, M. F.; Fontes, C. A. A.; Jorge, A. M.; Gomes Jr., P. *Composição corporal e exigências de energia e proteína para ganho de peso de bovinos de quatro raças zebuínas*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28:627-633, 1999.
- Paulino, P. V. R. *Exigências nutricionais e validação da seção HH para predição da composição corporal de zebuínos*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 158 p, 2002.
- Paulino, P. V. R. *Desempenho, composição e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 167 p, 2006.
- Pires, C. C.; Fontes, C. A. A.; Galvão, J. G. et al. Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento. I. Composição corporal e exigências de proteínas para ganho de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 22:110-120, 1993.
- Porto, M. O. *Multiple supplements to beef cattle in calves, growing and finishing, in pasture of Brachiaria decumbens*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 159 p, 2009.
- Prados, L. F. *Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 96 p, 2012.
- Prados, L. F.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Zanetti, D.; Santos, S. A.; Sattler, D. F. T.; Mariz, L. D. S.; Borges, A. L. C. C.; Nunes, A. N.; Rodrigues, F. C.; Amaral, P. M. Energy and protein requirements of 3/4 Zebu x 1/4 Holstein crossbreds fed different calcium and phosphorus levels in the diet. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67:555–563, 2015.
- Prates, L. L. *Utilização da ¹⁵N ¹⁵N-ureia infundida intravenosamente em bovinos nelore*. 64 p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2015.
- Putrino, S.M. *Exigências de proteína e energia líquidas para o ganho de peso de tourinhos das raças Nelore e Brangus alimentados com dietas com diferentes proporções de concentrado*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, 82 p, 2002.
- Putrino, S. M.; Leme, P. R.; Luz e Siva, S.; Alleoni, G. F.; Lanna, D. P. D.; Lima, C. G.; Grossklaus, C. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de tourinhos Brangus e Nelore alimentados com dietas contendo diferentes proporções de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35:292-300, 2006.

- Rhoads, M. L.; Rhoads, R. P.; Gilbert, R. O.; Toole, R.; Butler, W. R. Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 91:1-10, 2006.
- Rodrigues, F. C. *Turnover proteico, avaliação e predição da composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos 3/4 Zebu x 1/4 Holandês*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 44 p, 2014.
- Rotta, P. P. *Desempenho produtivo, exigências nutricionais e avaliação de métodos para estimação de fluxo de digesta em bovinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 144 p, 2012.
- Russell, J. B.; O'Connor, J. D.; Fox, D. G.; Van Soest, P. J.; Sniffen, C. J. A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets: I. Ruminant Fermentation. *Journal of Animal Science*, 70:3551-3561, 1992.
- Sales, M. F. L. *Performance and nutritional requirements of grazing Zebu cattle*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 128 p, 2008.
- Sampaio, C. B.; Detmann, E.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Souza, M. A.; Lazzarini, I.; Paulino, P. V. R.; Queiroz, A. C. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Tropical Animal Health and Production*, 42:1471-1479, 2010.
- Shahin, K. A.; Berg, R. T.; Price, M. A. The effect of breed type and castration on tissue growth patterns and carcass composition in cattle. *Livestock Production Science*, 35:251-264, 1993.
- Silva, F. F. *Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (de energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de novilhos Nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 211 p, 2001.
- Silva, F. A. S. *Desempenho, produção de metano entérico, eficiência de utilização da energia, metabolismo proteico muscular e exigências nutricionais de novilhas holandês x zebu alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 64 p, 2015.
- Sinclair, K. D.; Garnsworthy, P. C.; Mann, G. E.; Sinclair, L. A. Reducing dietary protein in dairy cow diets: implications for nitrogen utilization, milk production, welfare and fertility. *Animal – A major new International Journal of Animal Bioscience*, 8:262-274, 2014.
- 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*, 9:403-433, 1935.
- Souza, E. J. *Desempenho e exigências nutricionais de fêmeas Nelore, F1 Angus x Nelore e F1 Simental x Nelore em dietas contendo alto ou baixo nível de concentrado*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.
- Susmel, P.; Spanghero, M.; Stefanon, B.; Mills, C. R.; Plazzotta, E. N losses, purine N derivatives excretion and intestinal digestible protein requirements of cows for maintenance. *Livestock Production Science*, 36:213-222, 1993.
- Tedeschi, L. O.; Boin, C.; Fox, D. G.; Leme, P. R.; Alleoni, G. F.; Lanna, D. P. D. Energy requirement for maintenance and growth of Nelore bulls and steers fed high forage diets. *Journal of Animal Science*, 80:1671-1682, 2002.
- Valadares, R. F. D.; Goncalvez, L. C.; Sampaio, I. B.; Coelho da Silva, J. F. Protein levels in cattle diets. 2. Intake, digestibilities, and nitrogen balance. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26:1259-1263, 1997.
- Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Magalhaes, K. A. *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - BR CORTE*. 1.ed. Vicosa, MG:Suprema Grafica Ltda, 142 p, 2006.
- Valadares Filho, S. C.; Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L.; Paulino, P. V. R. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados - BR CORTE*. 2. ed. Viçosa, MG, Brasil. Suprema Grafica Ltda, 193 p, 2010.
- Veloso, C. M. *Composição corporal e exigências nutricionais de bovinos F1 Limousin x Nelore alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 109 p, 2001.

- Véras, A. S. C. *Consumo, digestibilidade, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 166 p, 2000.
- Véras, R. M. L.; Valadares Filho, S. C.; Valadares, R. F. D.; Rennó, L. N.; Paulino, P. V. R.; Souza, M. A. Balanço de compostos nitrogenados e estimativa das exigências de proteína de manutenção de bovinos Nelore de três condições sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1212-1217, 2007.
- Véras, R. M. L., *Consumo, digestibilidades total e parcial, produção microbiana e exigências de proteína para manutenção de bovinos Nelore*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 115 p, 2006.
- Wilkerson, V. A.; Klopfenstein, T. J.; Britton, R. A.; Stock, R. A.; Miller, P. S. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing cattle. *Journal of Animal Science*, 71:2777- 2784, 1993.
- Winchester, C. F.; Hiner, R. L.; and Scarborough, V. C. Some effects on beef cattle of protein and energy restriction. *Journal of Animal Science*, 16:426-436. 1957.
- Zanetti, D. *Exigências nutricionais, frequência de alimentação e níveis de cálcio e fósforo para bovinos Holandês × Zebu em confinamento*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 78 p, 2014.
- Zanetti, D. *Water intake, environmental contaminants, and mineral balance in Nelore cattle* Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 162p., Dados não publicados.
- Zinn, R. A.; Owens, F. N. Influence of feed intake level on site of digestion in steers fed a high concentrate diet. *Journal of Animal Science*, 56:471-475, 1983.