

Predição da composição corporal e da carcaça de bovinos de corte

Luiz Fernando Costa e Silva, Sebastião de Campos Valadares Filho, Polyana Pizzi Rotta, Marcos Inácio Marcondes, Fabyano Fonseca e Silva, Mário Fonseca Paulino, Mateus Pies Gionbelli, Mario Luiz Chizzotti

INTRODUÇÃO

As exigências nutricionais de bovinos dependem primeiramente do conhecimento da composição corporal dos animais. Os métodos utilizados para a predição da composição corporal podem ser classificados como diretos e indiretos. Os métodos diretos consistem na separação e dissecação de todos os componentes do corpo e posterior quantificação dos constituintes físicos e químicos de cada componente. Com isso, experimentos conduzidos a partir da utilização do método direto se tornam extremamente trabalhosos, demorados e de custo elevado devido à perda de pelo menos metade da carcaça dos animais e pelo grande número de pessoas e análises laboratoriais envolvidas no processo. Enquanto os métodos indiretos estão envolvidos na predição da composição corporal e da carcaça dos animais, a partir de parâmetros obtidos de maneira simples, sem necessidade de dissecação completa da carcaça dos animais.

Existem diversos métodos indiretos desenvolvidos e utilizados em diferentes escalas em todo o mundo. O método de estimativa da água e extrato etéreo (EE) do corpo calculados a partir da gravidade específica foi desenvolvido por Kraybill et al. (1952) e apresentou, na década de 90, certo interesse por pesquisadores no Brasil (Gonçalves et al., 1991; Peron et al., 1993; Lanna et al., 1995; Alleoni et al., 1997); contudo, esse método não resultou em estimativas que se adequassem às características apresentadas pelos animais criados nas condições brasileiras (Lanna et al., 1995; Alleoni et al., 1997). Outras técnicas,

tais como antipirina, água tritiada, N-acetil-amino-antipirina (Panaretto e Till, 1963), diluição de uréia (Preston e Kock, 1973) e ⁴⁰K (Clark et al., 1976) apresentaram pouca difusão no Brasil, devido principalmente à dificuldade de utilização dessas técnicas, elevado custo, falta de equipamentos e/ou mão de obra adequada. Nesse contexto, o método indireto mais utilizado no Brasil é o proposto por Hankins e Howe (1946), em que equações foram desenvolvidas para estimar a composição corporal de bovinos baseada na composição do corte compreendido entre a 9ª e 11ª costelas. Essa técnica apresenta grande difusão devido à facilidade, rapidez e baixo custo, além de alguns estudos terem apresentado bons resultados quando essa técnica foi empregada (Silva, 2001; Henrique et al., 2003; Paulino et al., 2005a).

USO DA SEÇÃO COMPREENDIDA ENTRE A 9ª E 11ª COSTELAS – SEÇÃO HH

Estudos da década de 20 (Trowbridge e Haigh, 1921; Trowbridge e Haigh, 1922; Moulton, 1923; Lush, 1926) avaliaram diversos cortes da carcaça a fim de estimar a composição física da mesma e concluíram que a região da costela apresentava as melhores relações com a composição da carcaça. Assim, com base nesses resultados, Hankins e Howe (1946) avaliaram o uso de cortes na carcaça de bovinos na predição da composição física e química da carcaça, a partir da técnica para obtenção de uma amostra da carcaça compreendida entre a 9ª e 11ª costelas (seção HH). A técnica utilizada por esses autores pode ser visualizada na Figura 5.1

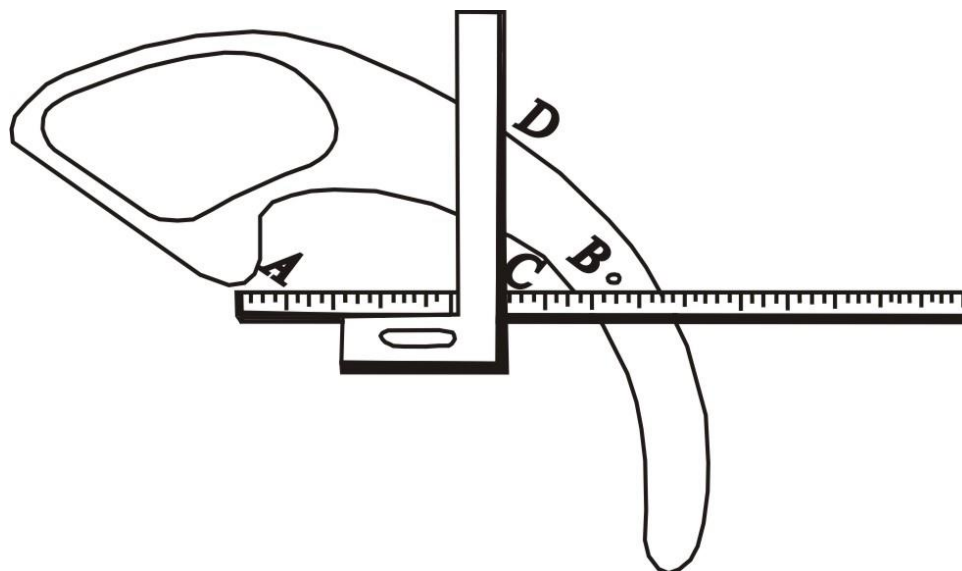


Figura 5.1 - Representação do método de corte da seção compreendida entre a 9ª e 11ª costelas desenvolvido por Hankins e Howe (1946)

O corte compreendido entre a 9ª e 11ª costelas pode ser obtido ao considerar uma carcaça pendurada pelo forame transversário localizado na pelve do animal, onde promove-se o corte entre a 11ª e 12ª costelas (Figura 5.1). A distância entre o primeiro e último ponto ósseo da costela é medida (distância entre os pontos A e B) e 61,5% dessa distância é calculada (ponto C). O corte da seção compreendida entre a 9ª e 11ª costelas deve ser realizado no ponto em que uma reta perpendicular à régua passa pelo ponto C (ponto D), conforme demonstrado na Figura 5.1.

COMPOSIÇÕES FÍSICA E QUÍMICA DA CARÇAÇA E QUÍMICA DO CORPO VAZIO

No estudo desenvolvido por Hankins e Howe (1946), equações de predição da composição física e química da carcaça foram estabelecidas. Porém, essas equações foram desenvolvidas a partir de dados provenientes de machos castrados e fêmeas. Assim, equações para cada classe sexual e uma equação geral que abrangeria ambas foram definidas (Tabela 5.1).

Essas equações têm sido amplamente utilizadas no exterior e no Brasil devido à facilidade de obtenção da seção HH. Alguns estudos (Cole et al., 1962; Powell e Huffman, 1973; Crouse e Dikeman, 1974; Nour e Thonney, 1994) objetivaram validar essas equações, porém, apresentaram resultados

distintos. Essas diferenças podem estar relacionadas ao fato de que as equações de predição da composição química foram estimadas a partir do tecido mole (*soft tissue*) e a composição dos ossos não foi levada em consideração.

Algumas pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de prever a composição química da carcaça de bovinos de corte a partir da composição química da seção HH (Peron et al., 1993; Jorge et al., 2000; Ferreira et al., 2001; Vêras et al., 2001), analisando quimicamente as amostras de tecidos muscular, adiposo e ósseo obtidas a partir da dissecação da seção HH e estimando a composição química da carcaça. Entretanto, a composição física da carcaça dos animais foi estimada a partir das equações desenvolvidas por Hankins e Howe (1946). Com isso, a composição química da carcaça foi estimada a partir dos dados das análises químicas obtidas nas amostras da seção HH, enquanto que a composição corporal foi determinada pela soma da composição da carcaça e dos componentes não carcaça. Como a carcaça é o principal componente quantitativo do corpo vazio, a maioria desses estudos concluiu que a composição química corporal poderia ser predita a partir da composição química da seção HH. Contudo, outros estudos (Silva, 2001; Paulino et al., 2005a; Costa e Silva et al., 2013) relataram que essa premissa poderia não estar correta, principalmente em relação à percentagem de EE da carcaça.

Tabela 5.1 - Equações de predição da composição física e química da carcaça a partir da composição do corte compreendido entre a 9ª e 11ª costelas propostas por Hankins e Howe (1946)

Item	Classe sexual	Equação ¹
Composição física da carcaça		
	Geral	$\% G_{\text{carc}} = 3,06 + 0,82 \times \% G_{\text{HH}}$
Gordura na carcaça, %	Machos castrados	$\% G_{\text{carc}} = 3,54 + 0,80 \times \% G_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% G_{\text{carc}} = 3,14 + 0,83 \times \% G_{\text{HH}}$
	Geral	$\% M_{\text{carc}} = 15,56 + 0,81 \times \% M_{\text{HH}}$
Músculo na carcaça, %	Machos castrados	$\% M_{\text{carc}} = 16,08 + 0,80 \times \% M_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% M_{\text{carc}} = 16,09 + 0,79 \times \% M_{\text{HH}}$
	Geral	$\% O_{\text{carc}} = 4,30 + 0,61 \times \% O_{\text{HH}}$
Osso na carcaça, %	Machos castrados	$\% O_{\text{carc}} = 5,52 + 0,57 \times \% O_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% O_{\text{carc}} = 6,88 + 0,44 \times \% O_{\text{HH}}$
Composição química da carcaça		
	Geral	$\% EE_{\text{carc}} = 2,82 + 0,77 \times \% EE_{\text{HH}}$
Extrato etéreo, %	Machos castrados	$\% EE_{\text{carc}} = 3,49 + 0,74 \times \% EE_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% EE_{\text{carc}} = 2,73 + 0,78 \times \% EE_{\text{HH}}$
	Geral	$\% PB_{\text{carc}} = 5,98 + 0,66 \times \% PB_{\text{HH}}$
Proteína bruta, %	Machos castrados	$\% PB_{\text{carc}} = 6,19 + 0,65 \times \% PB_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% PB_{\text{carc}} = 5,64 + 0,69 \times \% PB_{\text{HH}}$
	Geral	$\% A_{\text{carc}} = 14,90 + 0,78 \times \% A_{\text{HH}}$
Água, %	Machos castrados	$\% A_{\text{carc}} = 16,83 + 0,75 \times \% A_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% A_{\text{carc}} = 14,28 + 0,78 \times \% A_{\text{HH}}$

¹G_{carc} = gordura na carcaça; G_{HH} = gordura na seção HH; M_{carc} = músculo na carcaça; M_{HH} = músculo na seção HH; O_{carc} = osso na carcaça; O_{HH} = osso na seção HH; EE_{carc} = extrato etéreo na carcaça; EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH; PB_{carc} = proteína bruta na carcaça; PB_{HH} = proteína bruta na seção HH; A_{carc} = água na carcaça; A_{HH} = água na seção HH.

Visando contornar esse problema, na primeira edição das Tabelas de Exigências Nutricionais de Zebuínos e Tabelas de Composição de Alimentos (Valadares Filho et al., 2006), equações foram desenvolvidas para prever a composição química da carcaça e do corpo vazio de animais zebuínos a partir da seção HH, em que foram utilizados dados provenientes apenas de estudos que avaliaram a composição química após a dissecação completa de meia-carcaça e a composição química da seção HH. O banco de dados foi composto por 66 animais provenientes de uma dissertação e de uma tese (Paulino, 2002; Paulino, 2006; Tabela 5.2).

Na primeira edição do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006), sugeriu-se a completa dissecação e moagem da carcaça de bovinos utilizados em experimentos cujo objetivo fosse estimar as exigências

nutricionais. Além disso, essa técnica deveria ser utilizada até que um número adequado de informações fosse gerado e a partir de então, equações mais abrangentes e representativas fossem desenvolvidas. Nesse sentido, Marcondes et al. (2010; 2012) compuseram um novo banco de dados com 247 animais a partir de 6 experimentos conduzidos em confinamento. Os animais desse banco de dados foram da raça Nelore, sendo puros ou cruzados com Angus ou Simental. Com isso, esses autores avaliaram a inclusão de novas variáveis aos modelos, bem como os efeitos de classe sexual, estudo e raça e assim, equações de predição da composição física e química da carcaça bem como a composição química do corpo vazio foram desenvolvidas (Tabela 5.3).

Tabela 5.2 - Equações de predição da composição química da carcaça e do corpo vazio de zebuínos a partir da composição química do corte compreendido entre 9^a e 11^a costelas propostas pelo BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006)

Item	Equação ¹	Erro padrão	Coefficiente de determinação
Composição química da carcaça			
Extrato etéreo	$\% EE_{\text{carc}} = 4,96 + 0,54 \times \% EE_{\text{HH}}$	2,22	0,80
Proteína	$\% PB_{\text{carc}} = 4,05 + 0,78 \times \% PB_{\text{HH}}$	1,00	0,72
Cinzas	$\% CZ_{\text{carc}} = 2,88 + 0,50 \times \% CZ_{\text{HH}}$	0,66	0,40
Água	$\% A_{\text{carc}} = 34,97 + 0,45 \times \% A_{\text{HH}}$	1,94	0,66
Composição química do corpo vazio			
Extrato etéreo	$\% EE_{\text{CVZ}} = 4,56 + 0,60 \times \% EE_{\text{HH}}$	2,37	0,81
Proteína	$\% PB_{\text{CVZ}} = 4,96 + 0,76 \times \% PB_{\text{HH}}$	0,90	0,75
Cinzas	$\% CZ_{\text{CVZ}} = 2,54 + 0,39 \times \% CZ_{\text{HH}}$	0,47	0,45
Água	$\% A_{\text{CVZ}} = 31,42 + 0,51 \times \% A_{\text{HH}}$	1,94	0,71

¹EE_{carc} = extrato etéreo na carcaça; PB_{carc} = proteína bruta na carcaça; CZ_{carc} = cinzas na carcaça; A_{carc} = água na carcaça; EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH; PB_{HH} = proteína bruta na seção HH; CZ_{HH} = cinzas na seção HH; A_{HH} = água na seção HH; EE_{CVZ} = extrato etéreo no corpo vazio; PB_{CVZ} = proteína bruta no corpo vazio; CZ_{CVZ} = cinzas no corpo vazio; A_{CVZ} = água no corpo vazio.

Tabela 5.3 - Descrição dos dados utilizados por Marcondes et al. (2010; 2012) para desenvolver as equações de predição da composição corporal de bovinos a partir do corte das 9-11^a costelas

Item	Média	DP ¹	Máximo	Mínimo
Peso de corpo vazio (PCVZ), kg	328	78,8	506	176
Peso de carcaça, kg	206	50,3	323	99,7
Órgãos + vísceras, % PCVZ	15,3	1,60	21,8	12,2
Gordura visceral, % PCVZ	4,60	1,60	8,80	1,40
Extrato etéreo no PCVZ, %	18,2	5,60	30,0	4,15
Proteína bruta no PCVZ, %	17,6	1,62	23,4	12,9
Água no PCVZ, %	58,5	4,27	71,4	49,1
Extrato etéreo na carcaça, %	17,9	5,20	29,8	3,87
Proteína bruta na carcaça, %	17,3	1,93	28,5	12,4
Água na carcaça, %	58,0	3,91	73,5	43,9
Tecido adiposo na carcaça, %	20,7	6,30	33,6	7,30
Músculo na carcaça, %	61,8	4,20	73,1	52,8
Ossos na carcaça, %	17,5	3,00	28,1	12,6
Extrato etéreo na seção HH, %	23,2	8,91	50,9	4,85
Proteína bruta na seção HH, %	16,7	2,07	24,0	11,4
Água na seção HH, %	52,8	6,53	67,6	29,3
Tecido adiposo na seção HH, %	28,1	9,00	50,6	7,00
Músculo na seção HH, %	53,4	7,20	71,4	25,0
Ossos na seção HH, %	18,7	3,90	32,7	11,4

¹DP = desvio padrão.

As equações propostas por Marcondes et al. (2012) já haviam sido utilizadas anteriormente na segunda edição das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais para

Zebuínos – BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010) e podem ser visualizadas nas Tabelas 5.4 e 5.5.

Tabela 5.4 - Equações de predição da composição física e química da carcaça e química do corpo vazio de zebuínos e seus cruzados de corte a partir da composição química do corte compreendido entre 9^a a 11^a costelas propostas por Marcondes et al. (2010; 2012)

Variável	GG/Sexo ¹	Equação ²	R ²	RQME ³
Composição física da carcaça				
Gordura *		$\% G_{CARC} = a + 0,30 \times \% G_{HH} + b \times \% GV$	0,79	3,01
Músculo	Nelore	$\% M_{CARC} = 57,33 + 0,20 \times \% M_{HH} - 1,39 \times \% GV$	0,51	2,97
	Nelore × Simental	$\% M_{CARC} = 60,96 + 0,12 \times \% M_{HH} - 1,39 \times \% GV$		
Osso	Nelore	$\% O_{CARC} = 29,26 + 0,30 \times \% O_{HH} - 0,21 \times RC - 0,95 \times \% GV$	0,77	1,43
	Nelore × Simental	$\% O_{CARC} = 29,26 + 0,30 \times \% O_{HH} - 0,21 \times RC - 1,01 \times \% GV$		
Composição química da carcaça				
EE		$\% EE_{CARC} = 4,31 + 0,31 \times \% EE_{HH} + 1,37 \times \% GV$	0,83	2,13
PB		$\% PB_{CARC} = 17,92 + 0,60 \times \% PB_{HH} - 0,17 \times RC$	0,50	1,26
Água	Nelore	$\% A_{CARC} = 48,74 + 0,28 \times \% A_{HH} - 0,017 \times PCVZ$	0,67	2,27
	Nelore × Angus	$\% A_{CARC} = 38,06 + 0,48 \times \% A_{HH} - 0,017 \times PCVZ$		
	Nelore × Simental	$\% A_{CARC} = 46,69 + 0,32 \times \% A_{HH} - 0,017 \times PCVZ$		
Composição química do corpo vazio				
EE	Machos não castrados	$\% EE_{CVZ} = 2,75 + 0,33 \times \% EE_{HH} + 1,80 \times \% GV$	0,89	1,97
	Machos castrados**	$\% EE_{CVZ} = 1,84 + 0,33 \times \% EE_{HH} + 1,91 \times \% GV$		
	Fêmeas	$\% EE_{CVZ} = 4,77 + 0,33 \times \% EE_{HH} + 1,28 \times \% GV$		
PB		$\% PB_{CVZ} = 10,78 + 0,47 \times \% PB_{HH} - 0,21 \times \% GV$	0,59	1,03
Água	Machos não castrados	$\% A_{CVZ} = 38,31 + 0,33 \times \% A_{HH} - 1,09 \times \% GV + 0,50 \times \% OV$	0,82	1,96
	Machos castrados**	$\% A_{CVZ} = 45,67 + 0,25 \times \% A_{HH} - 1,89 \times \% GV + 0,50 \times \% OV$		
	Fêmeas	$\% A_{CVZ} = 31,61 + 0,47 \times \% A_{HH} - 1,06 \times \% GV + 0,50 \times \% OV$		

¹GG = grupo genético; ²G_{carc} = gordura na carcaça (%); G_{HH} = gordura na seção HH (%); M_{carc} = músculo na carcaça (%); M_{HH} = músculo na seção HH (%); O_{carc} = osso na carcaça (%); O_{HH} = osso na seção HH (%); EE_{carc} = extrato etéreo na carcaça (%); EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH (%); EE_{PCVZ} = extrato etéreo no corpo vazio (%); % GV = porcentagem de gordura visceral no corpo vazio; PB_{carc} = proteína bruta na carcaça (%), PB_{HH} = proteína bruta na seção HH (%); RC = rendimento de carcaça; PB_{PCVZ} = proteína bruta no corpo vazio (%); A_{carc} = água na carcaça (%); A_{HH} = água na seção HH (%); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); A_{PCVZ} = água no corpo vazio (%); % OV = porcentagem de órgãos e vísceras no corpo vazio; ³RQME = raiz do quadrado médio do erro de predição.

*Houve efeito de classe sexual para o intercepto, enquanto que houve interação entre classe sexual e raça para o coeficiente relacionado à GV e o desmembramento dessa interação pode ser visualizado na Tabela 5.5.

**As novas equações para machos castrados Nelore x Angus estão apresentadas na seção “Avaliação das equações propostas por Hankins e Howe (1946), BR-CORTE (2006) e BR-CORTE (2010)”.

Tabela 5.5 - Desmembramento do efeito de classe sexual sobre o intercepto e da interação entre classe sexual e grupo genético sobre o coeficiente relacionado à gordura visceral (GV)

Classe sexual	Grupo genético	Intercepto	Coeficiente relacionado à GV
Machos não castrados	Nelore	0,689	1,177
	Nelore × Angus		1,198
Machos castrados	Nelore	5,259	0,379
	Nelore × Angus		0,430
	Nelore × Simental		0,740
Fêmeas	Nelore	0,471	1,532
	Nelore × Angus		1,981
	Nelore × Simental		2,338

De acordo com Marcondes et al. (2012), a inclusão de novas variáveis aos modelos, ou efeito de grupo genético e classe sexual proporcionaram melhores estimativas. Dentre as variáveis utilizadas, a mais importante foi a inclusão da gordura visceral nas equações de predição, isso em virtude da gordura presente na carcaça ser o componente mais variável. A gordura visceral, juntamente com outras variáveis apresentadas, pode apresentar um melhor entendimento do padrão metabólico do animal. A variável gordura visceral foi constituída pela separação física da gordura do mesentério somada à gordura renal, pélvica e cardíaca (Valadares Filho et al., 2010). O efeito do nível alimentar sobre a composição corporal já foi extensivamente discutido na literatura (Prior et al., 1977; Ferrell et al., 1978; Nour et al., 1981; Williams et al., 1983; Nour e Thonney, 1987), assim, um indicador com essa importância, sendo representado pela gordura visceral nas equações, é de extrema importância para a aplicabilidade das equações.

AVALIAÇÃO DAS EQUAÇÕES PROPOSTAS POR HANKINS E HOWE (1946), BR-CORTE (2006) E BR-CORTE (2010)

Composição corporal de zebuínos (machos não castrados) e cruzados de corte (machos não castrados e machos castrados)

No Brasil, poucos trabalhos foram conduzidos objetivando avaliar a aplicabilidade das equações propostas por Hankins e Howe (1946) para animais zebuínos e seus cruzados com raças taurinas.

Nesse sentido, algumas pesquisas (Lana et al., 1995; Silva, 2001; Paulino et al., 2005b; Costa e Silva et al., 2013; Fonseca et al., 2014) avaliaram se a seção compreendida entre a 9ª e 11ª costelas poderia estimar a composição da carcaça e do corpo vazio e concluíram que as equações desenvolvidas por Hankins e Howe (1946) não são aplicáveis a animais zebuínos e seus cruzados.

Com relação à composição física, Costa e Silva et al. (2013) concluíram que as equações propostas por Marcondes et al. (2012) estimam adequadamente a composição física de machos Nelore não castrados e não recomendaram o uso das equações propostas por Hankins e Howe (1946). Além disso, Fonseca et al. (2014) concluíram que as equações propostas por Marcondes et al. (2012) estimam adequadamente os tecidos muscular e adiposo de machos F1 Nelore × Angus não castrados e castrados, porém relatam que nenhuma das equações estimou corretamente a quantidade de tecido ósseo para os animais F1 Nelore × Angus.

Da mesma forma, alguns estudos (Prados, 2012; Costa e Silva et al., 2013; Neves, 2013; Fonseca et al., 2014) avaliaram se as equações propostas por Hankins e Howe (1946), Valadares Filho et al. (2006, BR-CORTE) e Valadares Filho et al. (2010, BR-CORTE) estimam corretamente a composição química da carcaça e do corpo vazio de zebuínos e seus cruzados. Costa e Silva et al. (2013) recomendaram que as equações propostas por Valadares Filho et al. (2006) e Hankins e Howe (1946) não deveriam ser utilizadas para estimar a composição da carcaça e do corpo vazio de machos Nelore não castrados, enquanto que as equações

propostas por Marcondes et al. (2012) apresentaram boas estimativas.

Fonseca et al. (2014) utilizaram dados de machos F1 Nelore × Angus não castrados e castrados e verificaram que as equações propostas por Marcondes et al. (2012) foram as que apresentaram melhores estimativas, exceto para água no corpo vazio. Como a água é calculada por diferença, esse componente está sujeito ao acúmulo de erros oriundos de outras análises (Costa e Silva et al., 2013). Além disso, Fonseca et al. (2014) observaram que a equação proposta por Marcondes et al. (2012) para o EE no corpo vazio foi acurada e precisa principalmente quando a classe sexual foi levada em consideração. Para machos não castrados, a equação estima corretamente e não requer ajuste, enquanto que para machos castrados, a equação apresentou problemas, principalmente, para animais com maior deposição de gordura.

Nesse sentido, a partir da falta de ajuste da equação proposta por Marcondes et al. (2012) para estimar EE e água no corpo vazio de machos castrados, um novo banco de dados foi elaborado utilizando os dados usados por Marcondes et al. (2012) e adicionando os dados gerados por Fonseca et al. (2014) para estimar EE enquanto que o mesmo banco de dados utilizado por Marcondes et al. (2012) foi utilizado para estimar água no corpo vazio.

Dessa forma, as estimativas de EE e água no corpo vazio de machos castrados foram reajustadas, utilizando o procedimento *cross validation* (Duchesne e MacGregor, 2001). Para o caso do EE no corpo vazio, 20% dos dados de cada experimento foram aleatoriamente separados para validação, enquanto que para água, um experimento independente foi utilizado para a validação das equações (Tabela 5.6).

$$\% EE_{CVZ} = 2,797 + 0,289 \times \% EE_{HH} + 2,056 \times \% GV \quad (R^2 = 0,84; RQME = 2,51)$$

$$\% AC_{CVZ} = 30,77 + 0,48 \times \% A_{HH} - 1,07 \times \% GV + 0,50 \times \% OV \quad (R^2 = 0,88; RQME = 2,42)$$

Portanto, verifica-se que a inclusão de novas variáveis, como gordura visceral (GV) e órgãos e vísceras (OV) melhoraram as

estimativas da composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos zebuínos e seus cruzados, o que permitirá aos novos experimentos, a utilização das equações aqui propostas ao invés de promover a dissecação completa de meia-carcaça. O uso dessas equações é recomendado quando se necessita estimar a composição do corpo vazio e, como resultado, haverá decréscimo nos custos e na mão de obra de experimentos conduzidos quando o objetivo for estimar as exigências nutricionais de bovinos de corte (Costa e Silva et al., 2013).

Composição corporal de zebuínos (machos castrados e fêmeas)

Não foram encontrados estudos que avaliaram a acurácia e precisão das equações preconizadas por Marcondes et al. (2012) para machos castrados e fêmeas zebuínos. Com isso, dados foram coletados da tese de Costa e Silva (2015) em que 32 fêmeas Nelore e 18 machos castrados Nelore foram utilizados a fim de averiguar se as equações estimam corretamente a composição química da carcaça e do corpo vazio (Tabela 5.6).

As comparações entre as equações foram realizadas do mesmo modo utilizado por Costa e Silva et al. (2013) e verificou-se que as equações propostas por Hankins e Howe (1946), Valadares Filho et al. (2006) e Marcondes et al. (2012) estimam corretamente a quantidade de proteína bruta (PB) na carcaça, enquanto apenas as equações sugeridas por Marcondes et al. (2012) estimam corretamente as quantidades de EE e água na carcaça (Tabela 5.7).

Em relação aos componentes do corpo vazio, apenas as equações propostas por Marcondes et al. (2012), e apresentadas inicialmente no BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010), estimaram corretamente todos os componentes, enquanto que as equações sugeridas por Valadares Filho et al. (2006) apresentaram problemas com o intercepto e/ou a inclinação e não são recomendadas para estimar as composições corporais de machos castrados e fêmeas zebuínos (Tabela 5.8).

Tabela 5.6 - Descrição dos dados utilizados para validar as equações de predição da composição corporal de machos castrados ($n = 18$) e fêmeas ($n = 32$) Nelore

Item	Média	DP ¹	Máximo	Mínimo
Machos castrados				
Peso de corpo vazio, kg	168	39,5	260	109
Peso de carcaça, kg	101	24,5	160	65,4
Órgãos + vísceras, % PCVZ	14,1	1,56	17,5	11,7
Gordura visceral, % PCVZ	3,02	0,93	4,63	1,73
Extrato etéreo no PCVZ, %	9,83	1,60	12,7	7,52
Proteína bruta no PCVZ, %	18,7	0,78	20,0	17,0
Água no PCVZ, %	67,7	1,16	69,6	65,5
Extrato etéreo na carcaça, %	10,6	1,55	13,4	7,55
Proteína bruta na carcaça, %	18,5	0,94	20,3	16,9
Água na carcaça, %	66,2	1,61	68,8	62,0
Extrato etéreo na seção HH, %	12,2	2,69	17,4	6,06
Proteína bruta na seção HH, %	18,9	1,77	21,8	15,8
Água na seção HH, %	64,1	1,52	65,8	58,8
Fêmeas				
Peso de corpo vazio, kg	190	40,4	266	104
Peso de carcaça, kg	116	24,8	162	62,6
Órgãos + vísceras, % PCVZ	14,8	0,99	16,81	13,1
Gordura visceral, % PCVZ	3,93	0,88	5,83	1,65
Extrato etéreo no PCVZ, %	13,1	2,38	18,9	7,45
Proteína bruta no PCVZ, %	18,5	0,75	20,4	17,1
Água no PCVZ, %	64,9	2,49	70,0	60,4
Extrato etéreo na carcaça, %	13,0	2,36	18,1	8,23
Proteína bruta na carcaça, %	18,5	0,90	21,3	16,6
Água na carcaça, %	64,3	2,59	69,0	59,5
Extrato etéreo na seção HH, %	15,2	2,91	20,4	9,12
Proteína bruta na seção HH, %	17,5	1,52	20,1	14,3
Água na seção HH, %	62,7	1,73	67,1	59,9

¹DP = desvio padrão.

Tabela 5.7 - Médias (kg) e estatística descritiva da relação entre os valores observados e preditos da composição química da carcaça de machos castrados e fêmeas Nelore em crescimento

Item	Proteína bruta				Extrato etéreo				Água			
	Obs ¹	HH	V06	V10	Obs	HH	V06	V10	Obs	HH	V06	V10
Média	19,9	19,3	19,4	19,7	14,0	15,7	14,2	15,5	71,1	70,0	69,6	69,4
Desvio-padrão	4,36	3,79	3,75	3,78	5,61	5,47	4,57	5,41	14,9	15,43	15,6	15,0
Máximo	28,7	27,4	27,5	28,1	29,4	25,0	22,1	27,8	104	103	101	99,3
Mínimo	11,9	11,8	11,8	12,0	4,94	6,19	6,28	5,93	42,9	41,7	40,8	41,2
r	-	0,94	0,92	0,95	-	0,92	0,93	0,94	-	0,99	0,99	0,99
CCC ²	-	0,92	0,90	0,94	-	0,87	0,91	0,90	-	0,99	0,98	0,98
Regressão												
Intercepto												
Estimativa	-	-0,96	-0,92	-1,75	-	-0,84	-2,29	-1,09	-	4,25	5,26	2,67
Erro padrão	-	1,17	1,33	1,05	-	0,97	0,96	0,86	-	1,47	1,39	1,43
P valor ³	-	0,42	0,49	0,10	-	0,39	0,02	0,21	-	0,006	0,0004	0,07
Inclinação												
Estimativa	-	1,08	1,07	1,10	-	0,94	1,14	0,97	-	0,96	0,95	0,99
Erro padrão	-	0,06	0,07	0,05	-	0,06	0,06	0,05	-	0,02	0,02	0,02
P valor ⁴	-	0,19	0,29	0,07	-	0,32	0,03	0,58	-	0,04	0,008	0,49
EPM ⁵	-	2,67	3,11	1,88	-	8,02	4,54	6,19	-	6,41	7,26	7,09
Vício médio	-	0,34	0,23	0,03	-	3,11	0,07	2,38	-	1,33	2,29	2,88
Erro sistemático	-	0,09	0,07	0,13	-	0,10	0,42	0,02	-	0,46	0,69	0,04
Erro aleatório	-	2,24	2,80	1,71	-	4,81	4,05	3,79	-	4,62	4,27	4,17

¹Obs – valores observados; HH – valores preditos pelo método do Hankins and Howe (1946); V06 – valores preditos pelo método de Valadares Filho et al. (2006); V10 – valores preditos pelo método de Valadares Filho et al. (2010).

²CCC – coeficiente de correlação e concordância; ³H₀: β₀=0. ⁴H₀: β₁=1. ⁵EPM = erro padrão da média.

Tabela 5.8 - Médias (kg) e estatística descritiva da relação entre os valores observados e preditos da composição química do corpo vazio de machos castrados e fêmeas Nelore em crescimento

Item	Proteína bruta			Extrato etéreo			Água		
	Obs ¹	V06	V10	Obs	V06	V10	Obs	V06	V10
Média	33,7	33,7	33,4	22,1	24,0	25,2	117	113	113
Desvio-padrão	6,10	5,49	5,50	8,73	7,80	9,06	23,1	23,8	23,2
Máximo	46,8	45,9	45,7	41,6	37,5	42,6	171	165	158
Mínimo	19,9	20,3	20,2	7,77	10,4	8,93	72,9	68,4	70,1
r	-	0,95	0,97	-	0,94	0,96	-	0,99	0,98
CCC ²	-	0,94	0,96	-	0,91	0,91	-	0,98	0,97
Regressão									
Intercepto									
Estimativa	-	-1,79	-2,24	-	-3,14	-1,34	-	8,25	6,69
Erro padrão	-	1,94	1,47	-	1,41	1,02	-	2,19	3,38
P valor ³	-	0,36	0,14	-	0,03	0,19	-	0,001	0,053
Inclinação									
Estimativa	-	1,05	1,08	-	1,05	0,93	-	0,96	0,98
Erro padrão	-	0,06	0,04	-	0,06	0,04	-	0,02	0,03
P valor ⁴	-	0,35	0,09	-	0,36	0,06	-	0,06	0,40
EPM ⁵	-	3,79	2,43	-	12,6	16,0	-	26,8	35,7
Vício médio	-	0,0002	0,08	-	3,65	10,1	-	17,1	15,0
Erro sistemático	-	0,08	0,17	-	0,16	0,42	-	0,74	0,33
Erro aleatório	-	3,70	2,17	-	8,75	5,44	-	9,04	20,4

¹Obs – valores observados; V06 – valores preditos pelo método de Valadares Filho et al. (2006); V10 – valores preditos pelo método de Valadares Filho et al. (2010). ²CCC – coeficiente de correlação e concordância; ³H₀: $\beta_0=0$. ⁴H₀: $\beta_1=1$. ⁵EPM = erro padrão da média.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARÇAÇA E DO CORPO VAZIO DE CRUZADOS DE LEITE

As equações geradas para estimar composição química da carcaça e do corpo vazio na última edição do BR-CORTE foram obtidas a partir do banco de dados que continha animais zebuínos (predominantemente da raça Nelore) e animais cruzados de corte (Nelore cruzados com raças de corte). No intuito de verificar se essas equações seriam aplicáveis a bovinos cruzados de leite, Prados (2012), utilizando bovinos ¼ Holandês × ¾ Zebu, verificou que a PB do corpo vazio pode ser estimada adequadamente pela equação proposta por Valadares Filho et al. (2010) enquanto que o EE e a água do corpo vazio foram estimados corretamente pela equação proposta por Valadares Filho et al. (2006). Por outro lado, Neves (2013), avaliando machos Holandês × Zebu não castrados, verificou que as equações propostas por Hankins e Howe (1946) apresentaram as melhores estimativas para PB na carcaça e PB e água no corpo vazio. Ainda, o autor concluiu que as

equações propostas por Marcondes et al. (2012) não foram eficazes para estimar a composição química da carcaça e do corpo vazio de machos Holandês × Zebu não castrados.

Com isso, observa-se que à medida que o grau de sangue Holandês é incluído nos cruzamentos, as equações de predição da composição corporal e do corpo vazio apresentam problemas de ajuste. Possivelmente, isso se deve ao banco de dados utilizado por Marcondes et al. (2012) ser composto por animais zebuínos (Nelore) e seus cruzamentos com raças de corte, como Angus e Simental em sua maioria, ou seja, raças que foram selecionadas para a produção de carne. Portanto, houve a necessidade do desenvolvimento de novas equações de predição para a composição corporal de bovinos cruzados de leite.

Um banco de dados utilizando animais cruzados de leite foi construído a partir de 5 experimentos (Prados, 2012; Neves, 2013; Zanetti, 2014; Rodrigues, 2014; Silva, 2015). Esse banco de dados continha 180 animais, sendo 80 machos não castrados, 56 machos castrados e 44 fêmeas (Tabela 5.9).

Tabela 5.9 - Descrição dos dados usados para gerar as equações de predição da composição corporal de bovinos Cruzados de leite a partir da composição do corte entre a 9ª e 11ª costelas

Item	Média	DP ¹	Máximo	Mínimo
Peso de corpo vazio, kg	311	82,5	529	118
Peso de carcaça, kg	188	51,8	345	68,3
Peso de componentes não carcaça, kg	117	29,4	224	50,0
Peso de órgãos e vísceras, kg	59,3	21,0	124	20,9
Peso de gordura visceral, kg	16,4	7,59	46,2	2,25
Proteína bruta na seção HH, %	17,2	2,22	25,5	8,70
Extrato etéreo na seção HH, %	19,8	6,54	36,5	3,01
Matéria mineral na seção HH, %	5,24	2,36	10,9	0,68
Água na seção HH, %	57,4	6,13	74,3	42,3
Proteína bruta na carcaça, %	17,3	1,96	21,7	12,1
Extrato etéreo na carcaça, %	16,5	4,24	30,6	7,47
Matéria mineral na carcaça, %	4,43	1,27	7,90	1,60
Água na carcaça, %	61,7	3,45	69,6	54,6
Proteína bruta no corpo vazio, %	17,8	1,63	21,5	14,7
Extrato etéreo no corpo vazio, %	16,1	4,27	28,0	4,84
Matéria mineral no corpo vazio, %	3,90	1,11	6,47	1,51
Água no corpo vazio, %	62,0	3,75	71,8	52,7

¹DP = desvio padrão.

A partir desse banco de dados, as equações de predição da composição corporal de bovinos Cruzados de leite puderam ser estabelecidas (Tabela 5.10). A partir do procedimento *cross validation* (Duchesne e MacGregor, 2001), o efeito de animal foi considerado na análise estatística, o que proporcionou a geração de apenas uma equação para cada componente avaliado (PB,

EE e água). As equações apresentaram uma boa precisão, porém, ressalta-se que essas equações ainda não foram validadas com um banco de dados independente. Contudo, recomenda-se o uso dessas equações por considerar que o procedimento *cross validation* é o mais adequado quando há um pequeno número de dados.

Tabela 5.10 - Equações de predição da composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos Holandês × Zebu

Item	Equações ¹	R ²
Composição química da carcaça		
Extrato etéreo	% EE _{CARC} = 4,54 + 0,48 × % EE _{HH} + 0,12 × % OV	0,66
Proteína bruta	% PB _{CARC} = 18,38 + 0,16 × % PB _{HH} - 0,20 × % OV	0,53
Água	% A _{CARC} = 55,67 - 0,21 × % A _{HH} - 0,021 × PCVZ	0,40
Composição química do corpo vazio		
Extrato etéreo	% EE _{CVZ} = 3,53 + 0,34 × % EE _{HH} + 0,80 × % GV + 0,10 × % OV	0,73
Proteína bruta	% PB _{CVZ} = 19,92 + 0,086 × % PB _{HH} - 0,19 × % OV	0,58
Água	% A _{CVZ} = 53,02 + 0,17 × % A _{HH} - 1,28 × % GV + 0,27 × % OV	0,47

¹EE_{carc} = extrato etéreo na carcaça; EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH; OV = porcentagem de órgãos e vísceras no corpo vazio; PB_{CARC} = proteína bruta na carcaça; GV = porcentagem de gordura visceral no corpo vazio; PB_{HH} = proteína bruta na seção HH; A_{CARC} = água na carcaça; A_{HH} = água na seção HH; PCVZ = peso de corpo vazio; EE_{CVZ} = extrato etéreo no corpo vazio; PB_{CVZ} = proteína bruta no corpo vazio; A_{CVZ} = água no corpo vazio.

PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO MINERAL DO CORPO

Na última edição do BR-CORTE, a predição da composição mineral do corpo foi baseada nas equações propostas por Marcondes et al. (2009) em que a composição da seção compreendida entre a 9ª e 11ª

costelas poderia ser utilizada como um possível estimador da composição de macrominerais (cálcio, fósforo, sódio, potássio e magnésio) do PCVZ a partir de dados de dois estudos (Paulino, 2002; Marcondes, 2007; Tabela 5.11).

Tabela 5.11 - Equações de predição da composição de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) no corpo vazio para bovinos de corte a partir da composição mineral do corte entre a 9ª e 11ª costelas (Adaptada de Marcondes et al., 2009)

Item	Equação ¹	r ²
Cálcio	% Ca _{CVZ} = 0,7334 + 0,5029 × % Ca _{HH}	0,71
Fósforo	% P _{CVZ} = 0,3822 + 0,4241 × % P _{HH}	0,70
Magnésio	% Mg _{CVZ} = 0,0096 + 0,6260 × % Mg _{HH}	0,73
Sódio	% Na _{CVZ} = 0,1111 + 0,2886 × % Na _{HH}	0,31
Potássio	% K _{CVZ} = 0,0357 + 0,6732 × % K _{HH}	0,60

¹Ca_{CVZ} = cálcio no corpo vazio; Ca_{HH} = cálcio na seção HH; P_{CVZ} = fósforo no corpo vazio; P_{HH} = fósforo na seção HH; Mg_{CVZ} = magnésio no corpo vazio; Mg_{HH} = magnésio na seção HH; Na_{CVZ} = sódio no corpo vazio; Na_{HH} = sódio na seção HH; K_{CVZ} = potássio no corpo vazio; K_{HH} = potássio na seção HH.

Marcondes et al. (2009) sugeriram que existia uma boa correlação entre os componentes minerais encontrados na seção HH e no corpo vazio, sustentado pelos altos valores para r² (Tabela 5.11). Contudo, a partir dos dados provenientes de Costa e Silva

(2011), houve a avaliação dessas equações, observando-se que as equações geradas por Marcondes et al (2009) não estimaram corretamente a composição corporal de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos zebuínos (Tabela 5.12).

Tabela 5.12 - Médias (kg) e estatística descritiva da relação entre os valores observados e preditos da composição mineral do corpo vazio de machos Nelore não castrados

Item	Cálcio		Fósforo		Magnésio		Sódio		Potássio	
	Obs ¹	Predito	Obs	Predito	Obs	Predito	Obs	Predito	Obs	Predito
Média	4,37	3,00	2,83	2,91	0,12	0,14	0,42	0,39	0,60	0,41
Desvio-padrão	1,03	0,67	0,60	0,80	0,03	0,03	0,09	0,12	0,16	0,13
Máximo	7,15	4,66	4,25	5,47	0,17	0,20	0,61	0,68	0,90	0,71
Mínimo	2,24	1,93	1,91	1,77	0,06	0,08	0,28	0,18	0,33	0,22
r	-	0,76	-	0,67	-	0,75	-	0,68	-	0,85
CCC ²	-	0,31	-	0,64	-	0,62	-	0,62	-	0,46
Regressão										
Intercepto										
Estimativa	-	0,85	-	1,35	-	0,03	-	0,22	-	0,19
Erro padrão	-	0,52	-	0,28	-	0,01	-	0,04	-	0,04
P valor ³	-	0,11	-	< 0,001	-	0,03	-	< 0,001	-	< 0,001
Inclinação										
Estimativa	-	1,17	-	0,51	-	0,63	-	0,53	-	1,01
Erro padrão	-	0,17	-	0,09	-	0,09	-	0,10	-	0,10
P valor ⁴	-	0,32	-	< 0,001	-	< 0,001	-	< 0,001	-	0,92
EPM ⁵	-	2,31	-	0,35	-	0,0009	-	0,009	-	0,043
Vício	-	1,86	-	0,01	-	0,0004	-	0,001	-	0,037
MaF	-	0,01	-	0,15	-	0,0000	-	0,003	-	0,000
MoF	-	0,44	-	0,19	-	0,0005	-	0,005	-	0,007

¹Obs – valores observados; ²CCC – coeficiente de correlação e concordância; ³H₀: β₀=0. ⁴H₀: β₁=1. ⁵EPM = erro padrão da média; Vício = vício do modelo; MaF = magnitude de flutuação aleatória; MoF = modelo de flutuação aleatória.

Devido ao não ajuste das equações, um novo banco de dados foi desenvolvido a partir dos dois estudos utilizados por Marcondes et al. (2009) adicionado dos dados da tese de Costa e Silva (2015; Tabela 5.13) para animais zebuínos. Além disso, foram utilizados dados de dois estudos (Marcondes,

2010; Souza, 2010) para o desenvolvimento de equações que estimaram a composição mineral para cruzados de corte e dados de dois estudos (Rodrigues, 2014; Zanetti, 2014) para estimar a composição mineral para cruzados de leite.

Tabela 5.13 - Descrição dos dados usados para gerar as equações de predição da composição de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) do corpo vazio de zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite

Item	Média	DP ¹	Máximo	Mínimo
Zebuínos (n=133)				
Peso de corpo vazio, kg	272	102	549	104
Matéria mineral na seção HH, %	5,56	1,63	10,3	2,74
Cálcio no corpo vazio, %	2,23	0,90	4,75	0,89
Fósforo no corpo vazio, %	0,77	0,18	1,26	0,41
Magnésio no corpo vazio, %	0,04	0,01	0,08	0,02
Sódio no corpo vazio, %	0,12	0,02	0,18	0,08
Potássio no corpo vazio, %	0,17	0,02	0,26	0,10
Cruzados de corte (n=117)				
Peso de corpo vazio, kg	344	82,6	506	192
Matéria mineral na seção HH, %	6,29	1,29	9,68	1,79
Cálcio no corpo vazio, %	1,51	0,29	3,19	1,04
Fósforo no corpo vazio, %	0,72	0,12	0,98	0,48
Magnésio no corpo vazio, %	0,04	0,01	0,07	0,03
Sódio no corpo vazio, %	0,13	0,03	0,21	0,08
Potássio no corpo vazio, %	0,21	0,03	0,41	0,14
Cruzados de leite (n=80)				
Peso de corpo vazio, kg	318	67,9	510	195
Matéria mineral na seção HH, %	3,90	2,55	8,06	0,68
Cálcio no corpo vazio, %	1,32	0,25	1,77	0,59
Fósforo no corpo vazio, %	0,71	0,18	1,10	0,20
Magnésio no corpo vazio, %	0,03	0,01	0,05	0,02
Sódio no corpo vazio, %	0,14	0,02	0,17	0,10
Potássio no corpo vazio, %	0,20	0,05	0,28	0,11

Com isso, a meta-análise foi o procedimento utilizado para avaliar composição corporal de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite e as equações geradas podem ser visualizadas na Tabela 5.14.

Ao analisar as equações, percebe-se que as estimativas do coeficiente de determinação (r^2) para a maioria dos minerais em função de cada grupo genético apresentaram valores altos. No entanto, as

estimativas de r^2 foram próximas a zero para fósforo e potássio de zebuínos, para magnésio e potássio de cruzados de corte e para magnésio e sódio de cruzados de leite, demonstrou que existe uma tendência de constância desses minerais no corpo. Contudo, ressalta-se que essas equações ainda necessitam de um processo de validação, devendo-se avaliar o efeito de grupo genético.

Tabela 5.14 - Equações de predição da composição de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) no corpo vazio para zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite

Item	Equação ¹	r ²
Zebuínos		
Cálcio	% Ca _{CVZ} = 1,4557 + 0,2362 × % CZ _{HH} - 0,00223 × PCVZ	0,80
Fósforo	% P _{CVZ} = 1,0068 - 0,00099 × PCVZ	0,10
Magnésio	% Mg _{CVZ} = 0,02859 + 0,001721 × % CZ _{HH} - 0,00001 × PCVZ	0,54
Sódio	% Na _{CVZ} = 0,1213 + 0,002116 × % CZ _{HH} - 0,00002 × PCVZ	0,51
Potássio	% K _{CVZ} = 0,1942 + 0,000833 × % CZ _{HH} - 0,0001 × PCVZ	0,22
Cruzados de corte		
Cálcio	% Ca _{CVZ} = 1,7028 + 0,04638 × % CZ _{HH} - 0,00142 × PCVZ	0,52
Fósforo	% P _{CVZ} = 0,4619 - 0,0404 × % CZ _{HH}	0,49
Magnésio	% Mg _{CVZ} = 0,02418 + 0,00196 × % CZ _{HH}	0,34
Sódio	% Na _{CVZ} = 0,1205 + 0,002747 × % CZ _{HH} - 0,00002 × PCVZ	0,56
Potássio	% K _{CVZ} = 0,1636 + 0,007102 × % CZ _{HH}	0,35
Cruzados de leite		
Cálcio	% Ca _{CVZ} = 1,2445 + 0,0506 × % CZ _{HH} - 0,00035 × PCVZ	0,58
Fósforo	% P _{CVZ} = 0,7279 + 0,0333 × % CZ _{HH} - 0,00048 × PCVZ	0,58
Magnésio	% Mg _{CVZ} = 0,0406 - 0,00106 × % CZ _{HH}	0,06
Sódio	% Na _{CVZ} = 0,1454 + 0,00064 × % CZ _{HH}	0,05
Potássio	% K _{CVZ} = 0,1411 + 0,01478 × % CZ _{HH}	0,79

¹Ca_{CVZ} = cálcio no corpo vazio (%); CZ_{HH} = cinzas na seção HH (%); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); P_{CVZ} = fósforo no corpo vazio (%); P_{HH} = fósforo na seção HH (%); Mg_{CVZ} = magnésio no corpo vazio (%); Na_{CVZ} = sódio no corpo vazio (%); K_{CVZ} = potássio no corpo vazio (%).

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS COMPONENTES NÃO CARÇAÇA

Tomando como base as equações propostas na última edição do BR-CORTE (Tabela 5.4), as equações de predição da composição química do corpo vazio apresentaram um melhor ajuste, quando comparadas às equações de predição da composição química da carcaça utilizando-se a composição química da seção HH como estimador. Porém, caso o pesquisador tome a decisão em utilizar as equações de predição da composição química da carcaça, ou ainda caso opte por obter a composição real da carcaça pela sua dissecação, ainda assim seria necessário determinar a composição de outras partes do corpo (sangue, couro, pés, cabeça, órgãos e vísceras) para se obter, ao final, a composição química do corpo vazio.

A determinação da composição química dos componentes não carcaça implica, necessariamente, em maior tempo, custo e trabalho, uma vez que são ao menos 6 amostras (sangue, couro, cabeça, membros, órgãos e vísceras) por animal que devem ser

analisadas em laboratório. Considerando ainda que o rendimento de carcaça em relação ao PCVZ seria em torno de 60 a 65 % (Costa et al., 2005; Missio et al., 2009), todos os componentes não carcaça, em conjunto, representariam de 35 a 40 % do PCVZ. Assim, nota-se a importância do conhecimento da composição química dos componentes não carcaça devido à sua representatividade na composição do corpo vazio.

Dessa forma, Costa e Silva et al. (2012) avaliaram a possibilidade em se estimar as composições químicas do sangue, couro, pés + cabeça e órgãos + vísceras de forma a diminuir o trabalho e o custo experimental. Esses autores reuniram um banco de dados de 335 animais para realizar as avaliações, controlando o efeito de estudo, e testando os efeitos de grupo genético ou classe sexual sobre a composição desses componentes não carcaça. Para que a composição química de cada um dos componentes não carcaça (sangue, couro, membros, cabeça e órgãos + vísceras) fosse

estimada, um ajuste de equações para cada um dos componentes seria necessário. No entanto, esse procedimento produziria uma grande quantidade de equações, considerando que fossem propostos modelos para estimar EE, PB, água e minerais, o que tornaria seu uso confuso e pouco prático. Dessa forma, com o intuito de simplificar o processo, os componentes não carcaça foram agrupados (cabeça + membros, couro + sangue e órgãos + vísceras) de forma a diminuir o número de equações e facilitar a estimação dos mesmos.

No entanto, Costa e Silva et al. (2013) avaliaram a acurácia das equações de predição dos componentes não carcaça, descritas no BR-CORTE (2010), e verificaram que, para couro + sangue, apenas PB foi estimada corretamente, enquanto que as equações para estimar EE e água apresentaram problemas de reproduzibilidade e precisão. Com relação à cabeça + membros, nenhuma das equações estimou corretamente a composição química. Para órgãos + vísceras, apenas EE foi corretamente estimado. Assim, esses autores concluíram que novas equações deveriam ser

desenvolvidas, ou ainda, que ao invés de dividir os componentes não carcaça em três grupos (couro + sangue, cabeça + membros e órgãos + vísceras), a composição desses componentes deveria ser analisada conjuntamente, gerando apenas uma equação para cada constituinte, considerando assim, todos os componentes não carcaça como uma amostra única. Nesse sentido, um banco de dados foi criado a partir da composição dos componentes não carcaça de 19 dissertações e/ou teses: Moraes (2006), Souza (2009), Marcondes (2007), Marcondes (2010), Chizzotti (2007), Porto (2009), Gionbelli (2010), Paixão (2009), Paulino (2006), Machado (2009), Costa e Silva (2011), Costa e Silva (2015), Valente (2013), Fonseca (2014), Silva (2015), Prados (2012), Rodrigues (2013), Zanetti (2014) e Neves (2014). O banco de dados foi composto por 505 animais sendo 231 zebuínos, 94 cruzados de corte e 180 cruzados de leite, sendo 248 machos não castrados, 134 machos castrados e 123 fêmeas (Tabela 5.15).

Tabela 5.15 - Descrição dos dados utilizados para gerar as novas equações de predição da composição química dos componentes não carcaça de zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite (n = 505)

Item ¹	Média	DP ²	Máximo	Mínimo
Peso de corpo vazio, kg	302	92,2	549	80,7
Peso dos componentes não carcaça (NC), kg	112	34,0	224	31,6
Proteína bruta no NC, kg	20,7	7,42	53,3	4,42
Extrato etéreo no NC, kg	20,4	12,5	69,9	1,89
Água no NC, kg	65,4	17,5	134	22,5
Cálcio no NC, kg	0,80	0,62	3,57	0,04
Fósforo no NC, kg	0,31	0,26	1,76	0,02
Magnésio no NC, g	16,5	8,28	50,0	2,37
Sódio no NC, g	149	79,3	426	36,8
Potássio no NC, g	134	62,8	324	31,4

¹NC = não carcaça; ²DP = desvio padrão.

A partir dos dados acima, equações de predição da composição química dos componentes não carcaça foram geradas a partir da meta-análise usando o procedimento PROC NLMIXED em que as variáveis dependentes foram regredidas em função do PCVZ. Além disso, os efeitos de classe sexual e grupo genético foram testados sendo que apenas a classe sexual foi significativa para

todos os componentes, menos fósforo e magnésio (Tabelas 5.16 e 5.17).

Contudo, ressalta-se que essas equações devem ser submetidas à validação a fim de verificar se estimam corretamente a composição química dos componentes não carcaça para animais zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite das três classes sexuais.

Tabela 5.16 - Equações de predição da composição química dos componentes não carcaça para zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite em função da classe sexual

Item	Classe sexual	Equações
Proteína bruta	Machos não castrados	$PB_{NC} = 0,1675 \times PCVZ^{0,8434}$
	Machos castrados	$PB_{NC} = 0,5263 \times PCVZ^{0,6452}$
	Fêmeas	$PB_{NC} = 1,2411 \times PCVZ^{0,4921}$
Extrato etéreo	Machos não castrados	$EE_{NC} = 3,7171 \times \exp^{(0,004936 \times PCVZ)}$
	Machos castrados	$EE_{NC} = 4,8911 \times \exp^{(0,004671 \times PCVZ)}$
	Fêmeas	$EE_{NC} = 3,5533 \times \exp^{(0,006199 \times PCVZ)}$
Água	Machos não castrados	$A_{NC} = 1,5768 \times PCVZ^{0,6547}$
	Machos castrados	$A_{NC} = 3,1486 \times PCVZ^{0,5242}$
	Fêmeas	$A_{NC} = 7,3003 \times PCVZ^{0,3865}$

¹PB_{NC} = proteína bruta nos componentes não carcaça (kg); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); EE_{NC} = extrato etéreo nos componentes não carcaça (kg); A_{NC} = água nos componentes não carcaça (kg).

Tabela 5.17 - Equações de predição da composição de macrominerais dos componentes não carcaça para zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite em função da classe sexual

Item	Classe sexual	Equações
Cálcio	Machos não castrados	$Ca_{NC} = 43,71 \times PCVZ^{0,3510}$
	Machos castrados	$Ca_{NC} = 5,176 \times PCVZ^{0,8772}$
	Fêmeas	$Ca_{NC} = 69,36 \times PCVZ^{0,4342}$
Fósforo		$P_{NC} = 2,262 \times PCVZ^{0,4522}$
Magnésio		$Mg_{NC} = 10,99 \times PCVZ^{0,1736}$
Sódio	Machos não castrados	$Na_{NC} = 73,65 \times PCVZ^{0,1181}$
	Machos castrados	$Na_{NC} = 3,264 \times PCVZ^{0,6916}$
	Fêmeas	$Na_{NC} = 23,04 \times PCVZ^{0,3544}$
Potássio	Machos não castrados	$K_{NC} = 96,43 \times PCVZ^{0,0673}$
	Machos castrados	$K_{NC} = 5,147 \times PCVZ^{0,5781}$
	Fêmeas	$K_{NC} = 31,54 \times PCVZ^{0,2821}$

¹Ca_{NC} = cálcio nos componentes não carcaça (g); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); P_{NC} = fósforo nos componentes não carcaça (g); Mg_{NC} = magnésio nos componentes não carcaça (g); Na_{NC} = sódio nos componentes não carcaça (g); K_{NC} = potássio nos componentes não carcaça (g).

RELAÇÃO ENTRE A MATÉRIA SECA DESENGORDURADA E A COMPOSIÇÃO CORPORAL

Reid et al. (1955) sugeriram que o EE corporal poderia ser estimado pelo conteúdo de água no corpo, e indicaram ainda que a razão proteína/cinzas no corpo seria constante na matéria seca livre de gordura, sendo afetada apenas pela idade do animal. Nesse sentido, Marcondes et al. (2010) estudaram a

relação entre a matéria seca desengordurada e a composição do PCVZ, utilizando um banco de dados de 272 animais. Marcondes et al. (2010) propuseram a equação apresentada abaixo para estimar o EE corporal baseado na percentagem de água, seguindo o modelo sugerido por Reid et al. (1955). Não foi evidenciado efeito de grupo genético ou classe sexual sobre os parâmetros da regressão, apresentando o modelo um R² de 0,96 e RQME de 1,26.

$$\% EE_{CVZ} = 236,21 - 126,25 \times \log (A_{CVZ}) + 1,114 \times \% GV,$$

em que EE_{CVZ} é a percentagem de extrato etéreo no corpo vazio, A_{CVZ} é a percentagem de água no corpo vazio e GV é a percentagem de gordura visceral no corpo vazio.

Conhecendo a proporção de gordura no corpo, seria possível estimar a concentração de proteína na matéria seca desengordurada do peso de corpo vazio do animal. No entanto, ao contrário de Reid et al. (1955), que correlacionaram a razão proteína/cinzas com a idade, Marcondes et al. (2010) correlacionaram esta razão com o PCVZ, uma vez que a idade pode ser uma medida muito relativa para fins de composição corporal, pois diferentes planos nutricionais podem proporcionar pesos corporais diferentes numa mesma idade, com consequente diferença na composição corporal. Assim, a equação sugerida por Marcondes et al. (2010), apresentada abaixo, pode ser utilizada alternativamente e a percentagem de cinzas poderia, então, ser estimada como $100 - PB$ na matéria seca desengordurada.

$$\% PBMSD_{PCVZ} = 74,09 + 0,0098 \times PCVZ,$$

em que $PBMSD_{PCVZ}$ é a percentagem de proteína bruta na matéria seca desengordurada do corpo vazio e $PCVZ$ é o peso de corpo vazio (kg).

NOVAS METODOLOGIAS PARA PREDIZER A COMPOSIÇÃO CORPORAL DE BOVINOS

Técnicas que não necessitam do abate de animais para se obter a composição corporal têm sido amplamente estudadas devido à sua praticidade. Essas são, principalmente, empregadas na formação de lotes homogêneos em confinamentos, a fim de reduzir as diferenças quanto às exigências nutricionais e assim, atingir a padronização das carcaças dos animais entregues aos frigoríficos para o abate.

Medidas biométricas utilizando fita métrica

Estudos foram desenvolvidos (Fernandes et al., 2010; De Paula et al., 2013; Fonseca, 2013) objetivando prever a composição corporal, principalmente a gordura, a partir de medições corporais, conhecidas como medidas biométricas. Fernandes et al. (2010) observaram que a combinação de diferentes medidas biométricas, sendo elas mensuradas *in vivo* ou *postmortem* podem ser ferramentas importantes para estimar a quantidade de gordura na carcaça e no corpo vazio de bovinos em pastejo. De Paula et al. (2013) sugeriram equações para estimar a gordura em diferentes partes do corpo do animal, sendo divididas em gordura subcutânea, gordura interna, gordura na carcaça e gordura no corpo vazio (Tabela 5.18).

Tabela 5.18 - Equações de predição da gordura corporal a partir de medidas biométricas, utilizando animais Nelore

Item	Equações ¹	R ²	RQME
Gordura subcutânea	$GS = 0,03 \times PCJ - 0,099 \times CC + 0,052 \times AC$	0,97	0,94
Gordura interna	$GI = 0,0405 \times PCJ - 0,159 \times LPO$	0,98	1,26
Gordura na carcaça	$G_{CARC} = 0,029 \times PCJ + 25,941 \times G_{HH}$	0,99	2,41
Gordura no corpo vazio	$G_{CVZ} = 0,017 \times PCJ + 1,184 \times G_{CARC}$	0,99	1,18

¹GS = gordura subcutânea (kg); PCJ = peso corporal em jejum (kg); CC = comprimento corporal (cm); AC = altura de cernelha (cm); GI = gordura interna (kg); LPO = largura do pino ósseo (cm); G_{CARC} = gordura na carcaça (kg); G_{HH} = gordura na seção HH (kg); G_{CVZ} = gordura no corpo vazio (kg). Adaptada de De Paula et al. (2013).

Contudo, percebe-se que, mesmo em estudos onde as medidas biométricas foram realizadas (Fernandes et al., 2010; De Paula et al., 2013), existe a necessidade de utilizar medidas *post-mortem*, como a quantidade de gordura na carcaça e na seção compreendida

entre a 9^a e 11^a costelas para que as estimativas de gordura no corpo vazio possam ser estimadas corretamente. Além disso, um problema encontrado nas medições biométricas é a necessidade de medir manualmente diferentes pontos no animal,

havendo a obrigatoriedade do animal estar em uma determinada posição. Devido ao temperamento de alguns animais, essa técnica torna-se de difícil execução e precisão.

Medidas biométricas obtidas a partir do KINECT®

A partir do uso do Kinect® (Microsoft, EUA), um aparelho composto por um laser projetor infravermelho, uma câmera de infravermelho e uma câmera de RGB, novas técnicas têm sido empregadas a fim de estimar a composição corporal sem que haja a necessidade de abater o animal. Dessa

forma, Monteiro (2015) avaliaram diversas medidas a fim de prever o peso corporal e a composição corporal de machos não castrados Nelore e Angus, sendo que esse autor correlacionou variáveis físicas, como peso corporal, e variáveis químicas, como gordura no corpo vazio, com as áreas geradas pelo Kinect®. A partir da altura e da área do dorso (Figura 5.2) e da largura do peito, foram gerados índices que, a partir dos mesmos, o peso corporal e a gordura contida no corpo vazio puderam ser estimados (Tabela 5.19).

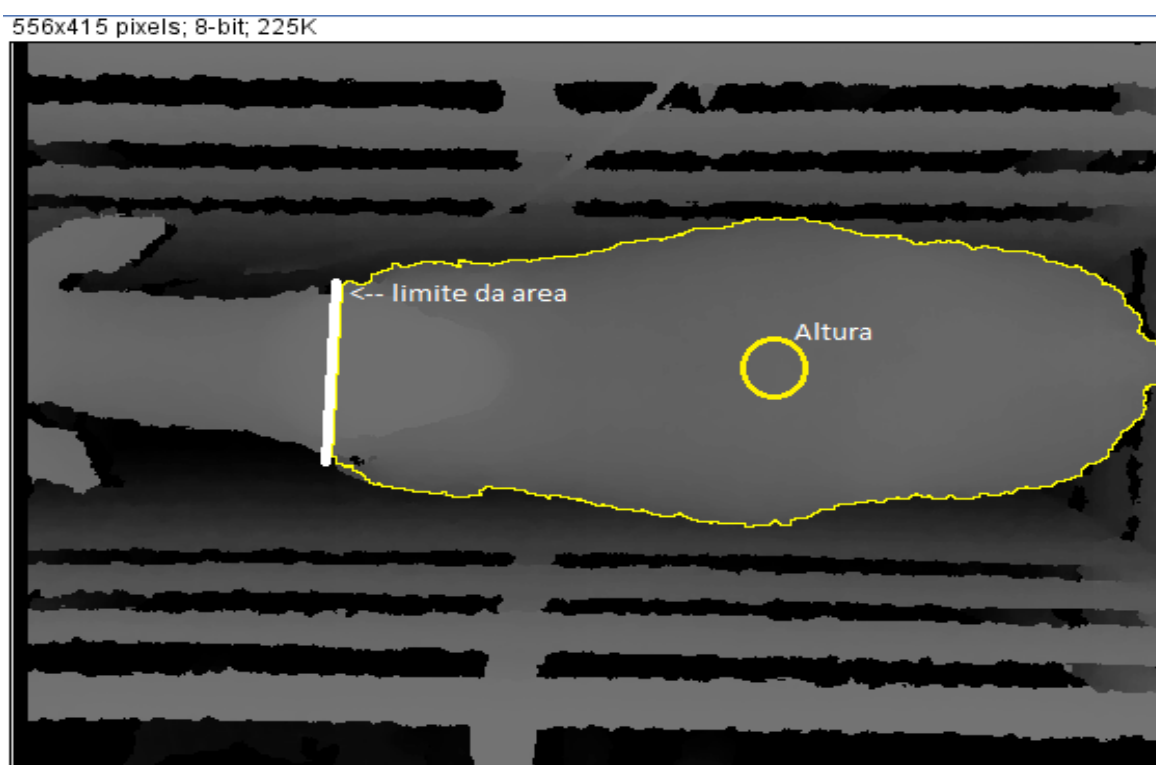


Figura 5.2 - Limites da área do plano dorsal obtidos por imagem tridimensional. *Fonte: Monteiro (2015).*

Tabela 5.19 - Descrição dos índices usados nas equações

Índice	Descrição ¹
I ₁	Diferença entre a altura dorsal e a altura na qual a largura do peito foi medida
I ₃	$(\text{Área dorsal})^{0,75} / (\text{altura do dorso})^2$
I ₄	$\text{Largura do peito} / (\text{área dorsal})^{1/2}$
I ₅	$(\text{Largura do peito})^2 \times \text{comprimento do corpo}$
I ₆	$\text{Área dorsal} / (\text{área dorsal}/1000)^2$

¹ altura em mm, área em pixel², largura e comprimento em pixel.

A partir desses índices, a composição corporal dos animais foi obtida pela correlação desses índices com a gordura corporal e com o peso corporal (Tabela 5.20). Contudo, mais

estudos devem ser realizados a fim de aumentar a confiabilidade e avaliar essas equações utilizando um banco de dados independente.

Tabela 5.20 - Regressões entre o peso corporal (PC), peso de carcaça quente (PCq) e gordura corporal (GC) a partir de medidas corporal obtidas por análises de imagem digital em machos não castrados Nelore e Angus

Modelo	Equações ^{1,2}	R ²	AIC	QMEP
Peso corporal, kg				
1	$81,4 + 58,3 \times I_1 + 0,0000222 \times I_5 + 0,0310 \times I_3$	0,84	105,2	19,4
2	$164,6 + 0,0000278 \times I_5$	0,77	106,3	19,8
Peso de carcaça quente, kg				
3	$74,8 + 0,0000141 \times I_5 + 0,0124 \times I_3$	0,83	87,8	15,4
4	$91,9 + 0,0000168 \times I_5$	0,80	88,3	16,5
Gordura corporal, % PCVZ				
5	$22,4 + 0,0319 \times PC - 6,46 \times I_1 - 28,2 \times I_4 - 118,2 \times I_6$	0,43	18,5	1,4

¹As descrições dos índices estão apresentados na Tabela 5.19; ²PCVZ = peso de corpo vazio, kg; PC = peso corporal, kg.

Composição corporal obtida a partir do DXA

A técnica de densitometria de raios-X de energia dupla (DXA) surgiu como alternativa à dissecação da carcaça para avaliar a composição corporal dos animais. Esse método é o mais utilizado na medicina humana com o objetivo de se avaliar a redução da massa óssea precoce. Com isso, ela pode ser utilizada sem que haja a necessidade de dissecar e analisar quimicamente a carcaça do animal. Neste sentido, Prados et al. (2016) agruparam um banco de dados com 116 animais, sendo 96

machos Nelore não castrados e 20 machos Nelore × Angus não castrados e desenvolveram equações para estimar a composição da seção compreendida entre a 9^a e 11^a costelas a partir do uso do equipamento DXA (GE Lunar Prodigy Advance Dxa System, GE Healthcare, Madison, Wisconsin, USA). Após escanear a seção compreendida entre a 9^a e 11^a costelas, esses autores dissecaram essa seção e obtiveram as comparações entre os valores observados pelo equipamento DXA e os valores a partir da composição química (Tabela 5.21).

Tabela 5.21 - Equações de predição da composição química da seção compreendida entre a 9^a e 11^a costelas usando densitometria de raios-X de energia dupla (DXA)

Variável ¹	Equações ²	R ²
Extrato etéreo (EE)	$EE_{HH} = 122,40 + 1,12 \times G_{DXA}$	0,86
Livre de gordura (LG)	$LG_{HH} = 103,22 + 0,87 \times LG_{DXA}$	0,93
Tecido magro (TM)	$PB_{HH} = 37,08 + 0,91 \times TM_{DXA}$	0,95
Cinzas (C)	$C_{HH} = 18,72 + 1,02 \times BMC_{DXA}$	0,39

¹EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH; G_{DXA} = gordura medida pelo DXA; Livre de gordura = tecido magro adicionado do teor de minerais no osso, LG_{HH} = tecido livre de gordura na seção HH (água + proteína + cinzas); LG_{DXA} = livre de gordura medido pelo DXA (TM_{DXA} + BMC_{DXA}); PB_{HH} = proteína bruta na seção HH; TM_{DXA} = tecido magro medido pelo DXA; C_{HH} = cinzas na seção HH; BMC_{DXA} = conteúdo de mineral ósseo medido pelo DXA. ² Todas as variáveis em gramas (Adaptada de Prados et al., 2016).

Além disso, Prados et al. (2016) avaliaram a acurácia dessas equações e concluíram que as mesmas são acuradas e são, assim, uma ferramenta fácil e rápida para determinar a composição química da seção compreendida entre a 9^a e 11^a costelas. Dessa forma, as equações são

recomendadas para serem usadas em bovinos Nelore e Nelore × Angus. No entanto, Prados et al. (2016) ressaltaram que mais estudos devem ser conduzidos objetivando avaliar a composição da carcaça como um todo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da validação das equações de predição da composição corporal, recomenda-se o uso das equações propostas pelo BR-CORTE para animais zebuínos e cruzados de corte em substituição à dissecação da carcaça, o que resulta em redução de custos e mão de obra.

Espera-se que as equações geradas para animais cruzados de leite possam contribuir para a economia em experimentos que visem avaliar a composição corporal desses animais.

Além disso, o uso das equações de predição para os componentes não carcaça em conjunto trazem melhor entendimento e menor erro. Porém, ressalta-se que estudos devem ser realizados para validá-las.

Por fim, o uso de novas técnicas, como o DXA e o Kinect® apresentam-se como alternativas futuras.

REFERÊNCIAS

- Alleoni, G. F.; Boin, C.; Leme, P. R.; Vieira, P. F.; Nardon, R. F.; Demarchi, J. J. A. A.; Otsuk, I. P.; Avaliação da gravidade específica e de outras medidas corporais e da carcaça para estimar a composição corporal de novilhos Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26:375-381, 1997.
- Cole, J. W.; Ramsey, C. B.; Epley, R. H. Simplified method for predicting pounds of lean in beef carcasses. *Journal of Animal Science*, 21:355-361, 1962.
- Costa E Silva L. F.; Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Ribeiro, A. M. F.; Prados, L. F.; Nascimento, F. B.; Gionbelli, M. P.; Santos, R. M. Prediction of non-carcass components in cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:907-1914, 2012.
- Costa E Silva L. F.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Marcondes, M. I.; Rotta, P. P.; Prados, L. F.; Zanetti, D. Evaluation of equations to predict body composition in Nelore bulls. *Livestock Science*, 151:46-57, 2013.
- Costa E Silva, L.F. 2015. *Mineral requirements for Nelore cattle and equations to predict milk yield and dry matter intake for lactating Nelore cows and suckling Nelore calves*. 2015. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- Costa, M. A. L.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, M. F.; Valadares, R. F. D.; Cecon, P. R.; Paulino, P. V. R.; Moraes, E. H. B. K.; Magalhães K. A. Desempenho, digestibilidade e características de carcaça de novilhos Zebuínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34:268-279, 2005.
- Clark, J. L.; Hedrick, H. B.; Thompson, G. B. Determination of body composition of steers by ⁴⁰K. *Journal of Animal Science*, 42:352-356, 1976.
- Crouse, J. D.; Dikeman, M. E. Methods of estimating beef carcass chemical composition. *Journal of Animal Science*, v.38, n.6, p.1190-1196, 1974.
- De Paula, N. F.; Tedeschi, L. O.; Paulino, M. F.; Fernandes, H. J.; Fonseca, M. A. Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle. *Journal of Animal Science*, 91:3341-3351, 2013.
- Duchesne, C.; Macgregor, J. F. Jackknife and bootstrap methods in the identification of dynamic models. *Journal of Process Control*, 11:553-564, 2001.
- Fernandes, H. J.; Tedeschi, L. O.; Paulino, M. F.; Paiva, L. M. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. *Journal of Animal Science*, 88:1442-1453, 2010.
- Ferreira, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Veras, A. S. C.; Araújo, G. G. L.; Signoretti, R. D. Predição da composição corporal por intermédio de método indireto. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30:242-246, 2001.
- Ferrell, C. L.; Kohlmeier, R. H.; Crouse, J. D.; Glimp, H. Influence of dietary energy and protein biological type of steer upon rate of gain and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 46:255-270, 1978.
- Fonseca, M. A. 2013. *Evaluation and development of mathematical models to explain beef cattle growth, and its relationship with nutritional requirements of F1 Nelore x Angus bulls and steers*. 196p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.

- Fonseca, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Tedeschi, L. O.; Chizzotti, M. L.; Machado, M. G.; Abreu, D. C. 2014. Evaluation of predictive equations developed to assess body composition of F1 Nellore x Angus bulls and steers. *Animal Production Science*. <http://dx.doi.org/10.1071/AN13439>
- Gonçalves, L. C.; Silva, J. F. C.; Oliveira, A. I. G.; Castro, A. C. G. Métodos para determinação da composição corporal e estudo da área corporal de novilhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 20:405-412, 1991.
- Hankins, O. G.; Howe, P. E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. USDA, p. 1-20 (Technical Bulletin). 1946.
- Henrique, W.; Sampaio, A. A. M.; Leme, P. R.; Alleoni, G. F.; Lanna, D. P. D. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudis a partir da composição química e física das 9-10-11ª costelas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32:709-718, 2003.
- Jorge, A. M.; Fontes, C. A. A.; Paulino, M. F.; Gomes Junior, P. Utilização de método indireto para predição da composição química corporal de zebuínos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29:1862-1867, 2000.
- Kraybill, H. F.; Bitter, H. L.; Hankins, O. G. Body composition of cattle. II. Determination of fat and water content from measurement of body specific gravity. *Journal of Applied Physiology*, 4:575-583, 1952.
- Lanna, D. P. D.; Boin, C.; Alleoni, G. F.; Leme, P. R. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Nelore através da gravidade específica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 24:351-362, 1995.
- Lush, J. L. 1926. Practical methods of estimating proportions of fat and bone in cattle slaughtered in commercial packing plants. *Journal of Agriculture Research*, 57:79-97.
- Marcondes, M. I. 2010. *Exigências nutricionais e predição da composição corporal de bovinos nelore puros e cruzados*. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 248p.
- Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Detmann, E.; Valadares, R. F. D.; Santos, T. R.; Diniz, L. L. Predição da composição corporal e da carcaça a partir da seção entre a 9ª e 11ª costelas em bovinos Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:1597-1604, 2009.
- Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L.; Valadares Filho, S. C.; Tedeschi, L. O. 2010. Prediction of Nellore empty body composition using indirect measurements. In: SAUVANT, D.(Ed). *Proceedings of Modeling nutrient digestion and utilization in farm animals*. 1.ed. Paris, FR: EAAP Publisher.
- Marcondes, M. I.; Tedeschi, L. O.; Valadares Filho, S. C.; Chizzotti, M. L. Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section. *Journal of Animal Science*, 90:1280-1290, 2012.
- Missio, R. L.; Brondani, I. L.; Restle, J.; Silva, J. H. S.; Silveira, M. F.; Silva, V. S. Partes não-integrantes da carcaça de tourinhos alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:906-915, 2009.
- Monteiro, G. R. 2015. *Uso de câmera de infravermelho para predizer peso, composição corporal e de carcaça em bovinos Nelore e Angus*. 40p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras.
- Moulton, C. R. 1923. Age and chemical development in mammals. *Journal of Biological Chemistry*, 57:79-97.
- Neves, M. L. M. W. 2013. *Exigências nutricionais e componentes não carcaça de bovinos mestiços leiteiros*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brazil. 150p.
- Nour, A. Y. M.; Thonney, M. L.; Stouffer, J. R.; White Jr, W. R. C. Muscle, fat and bone in serially slaughtered large dairy or small beef cattle fed corn or corn silage diets in one of two locations. *Journal of Animal Science*, 52:512-521. 1981.
- Nour, A. Y. M.; Thonney, M. L. Carcass soft tissue and bone composition of early and late maturing steers fed two diets in two housing types and serially slaughtered over a wide weight range. *Journal of Agricultural Science*, 109:345-356, 1987.
- Nour, A. Y. M.; Thonney, M. L. Technical Note: Chemical composition of Angus and Holstein carcasses predicted from rib section composition. *Journal of Animal Science*, 72:1239-1241, 1994.
- Panaretto, B. A.; Till, A. R. Body composition in vivo. II. The composition of mature goats and its relationship to the antipyrine, tritiated water, and N-acetyl-4-aminoantipyrine spaces. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14:926-943, 1963.

- Paulino, P. V. R. 2002. *Exigências nutricionais e validação da seção HH para predição da composição corporal de zebuínos*. 2002. 150p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- Paulino, P. V. R.; Costa, M. A. L.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, M. F.; Valadares, R. F. D.; Magalhães, K. A.; Detmann, E.; Porto, M. O.; Moraes, K. A. K. Validação das equações desenvolvidas por Hankins e Howe para predição da composição da carcaça de Zebuínos e desenvolvimento de equações para estimativa da composição corporal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34:327-339, 2005a.
- Paulino, P. V. R.; Valadares Filho, S. C.; Costa, M. A. L.; Paulino, M. F.; Magalhães, K. A.; Detmann, E.; Valadares, R. F. D.; Porto, M. O.; Moraes, K. A. K. Validation of the 9-11th rib cut to estimate the chemical composition of the dressed carcass and of the whole empty body of Zebu cattle. *Livestock Production Science*, 93:245-253, 2005b.
- Paulino, P. V. R. 2006. *Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais*. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 159p. Tese (Doutorado em zootecnia).
- Prados, L. F., Zanetti, D., Amaral, P. M., Mariz, L. D. S., Sathler, D. F. T., Valadares Filho, S. C., Silva, F. F., Silva, B. C., Pacheco, M. C., Meneguelli, H. A., Chizzotti, M. L. Technical note: Prediction of chemical rib section composition by dual energy x-ray absorptiometry in Zebu beef cattle. *Journal of Animal Science*, 94:2479-2484, 2016.
- Peron, A. J.; Fontes, C. A. A.; Lana, R. P.; Queiroz, A. C.; Silva, D. J.; Freitas, J. A. Predição da composição corporal e da carcaça de bovinos através de métodos indiretos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 22:227-237, 1993.
- Powell, W. E.; Huffman, D. L. Predicting chemical composition of beef carcasses from easily obtainable carcass variables. *Journal of Animal Science*, 36:1069-1076, 1973.
- Prados, L. F. 2012. *Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 97p.
- Preston, R. L.; Kock, S. W. In vivo prediction of body composition in cattle from urea space measurements. In: Proceedings of the society for experimental biology and medicine, 1057-1061, 1973.
- Prior, R. L.; Kohlmeier, R. H.; Cundiff, L. V.; Dikeman, M. E.; Crouse, J. D. Influence of dietary energy and protein on growth and carcass composition in different biological types of cattle. *Journal of Animal Science*, 45:132-146, 1977.
- Reid, J. T.; Wellington, G. H.; Dunn, H. O. Some relationships among the major chemical components of the bovine body and their application to nutritional investigations. *Journal of Dairy Science*, 38:1344-1359, 1955.
- Rodrigues, F. C. 2014. *Turnover protéico, avaliação e predição da composição química e do corpo vazio de bovinos 3/4 Zebu x 1/4 Holandês*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 44p.
- Silva, F. F. 2001. *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*. 2001. (Dissertação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Silva, F. A. S. 2015. *Desempenho, produção de metano entérico, eficiência de utilização da energia, metabolismo protéico muscular e exigências nutricionais de novilhas Holandês x Zebu alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar em duas proporções*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 82p.
- Trowbridge, P. F.; Haigh, L. D. Studies in animal nutrition. I. Changes in form and weight on different planes of nutrition. Montana Agriculture Experimental Station. 111p. (Research Bulletin, 54). 1921.
- Trowbridge, P. F., Haigh, L. D. Studies in animal nutrition. II. Changes in proportions of carcass and offal on different planes of nutrition. Montana Agriculture Experimental Station. 111p. (Research Bulletin, 43). 1922.

- Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Magalhães, K. A. Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR-CORTE. 1.ed. Viçosa, MG: Suprema Grafica Ltda, 142p. 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: Suprema Grafica Ltda, 193p. 2010.
- Véras, A. S. C.; Valadares Filho, S. C.; Silva, J. F. C.; Paulino, M. F.; Cecon, P. R.; Valadares, R. F. D.; Ferreira, M. A.; Silva, C. M.; Silva, B. C. Predição da composição química corporal de bovinos Nelore e F1 Simental × Nelore a partir da composição química da seção Hankins e Howe (seção HH). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30:1112-1119, 2001.
- Williams, J. E.; Wagner, D. G.; Walters, L. E.; Horn, G.W.; Waller, G. R.; Sims, P. L.; Guenther, J. J. Effect of production systems on performance, body composition and lipid and mineral profiles of soft tissue in cattle. *Journal of Animal Science*, 57:1020-1028, 1983.
- Zanetti, D. 2014. *Exigências nutricionais, frequência de alimentação e níveis de cálcio e fósforo para bovinos Holandês x Zebu em confinamento*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 78p.

