

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**EQUAÇÕES DE REGRESSÃO USANDO ANÁLISE DE  
IMAGEM DIGITAL PARA A PREVISÃO DE PESOS E  
RENDIMENTOS DE CORTES DE CARNE BOVINA**

Eng<sup>o</sup> Gustavo Adolfo TEIRA

PROF. Dr. Pedro Eduardo de FELÍCIO

Orientador

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Gustavo Adolfo Teira, aprovada pela Comissão Julgadora em 01 de agosto de 2000.

Campinas, 01 de agosto de 2000.

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício  
Presidente da Banca

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

CAMPINAS  
SÃO PAULO - BRASIL  
AGOSTO - 2000



200012998

UNIDADE	FEA	
N.º CHAMADA:	UNICAMP	
V.	Ex.	
TOMBO BC/.	42143	
PROC.	278/00	
C	<input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00	
DATA	19/09/00	
N.º CPD.		

Bibid 424289

CM-00145849-1

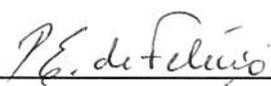
FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

T235e Teira, Gustavo Adolfo  
Equações de regressão usando análise de imagem digital para a previsão de pesos e rendimentos de cortes de carne bovina / Gustavo Adolfo Teira. – Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Pedro Eduardo de Felício  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Carne bovina. 2.Pesos – Estimativas. 3.Rendimentos – Estimativas. I.Felício, Pedro Eduardo. II.Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício**

---

**Prof. Dr. Roberto Lotufo**



---

**Prof. Dr. Guilherme Alleoni**



---

**Dr. Expedito Tadeu Facco Silveira**

**Campinas, de de 2000**

**À minha esposa, Cilaine, que ainda não  
sabe se o conhecimento une ou separa às pessoas,  
pela ajuda e compreensão nos momentos obscuros.**

**A meus pais, Ercilia e Cândido, pela formação  
recebida, e a toda minha família brasileira pelo apoio constante.**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício pela sua dedicação, paciência e o conselho adequado no momento certo.

Ao Físico Eduardo Tinois, do Centro de Engenharia Biomédica da Unicamp, pelo esforço e o tempo dedicado à preparação e ajuste do programa de segmentação de imagens digitais utilizado nesta pesquisa. Sem sua ajuda este trabalho no teria sido possível.

Ao Prof. Dr. Roberto Lotufo, da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação da Unicamp, pela cessão das ferramentas necessárias para a análise das imagens digitais.

Ao Prof. Dr. Armando Infante, do Instituto de Matemática, Estatística e Ciências da Computação da Unicamp, pela atenciosa correção da análise estatística da tese e suas discretas sugestões destinadas a clarificar aquilo que não estava tão claro, assim.

Ao Frigorífico Bertin, de Lins - S.P., por colocar a minha disposição todo o material e os funcionários requeridos para a realização dos experimentos planejados. Especial reconhecimento à colaboração recebida de parte do Pedrinho Bertin Belloto e o Dr. Herrera.

Ao Prof. Dr. Nelson Horácio Pessoa Garcia por mostrar-me o caminho de entrada a esta querida e, agora, saudosa universidade.

Ao Dr. Edson, advogado da Diretoria Acadêmica, pela sua inusual competência profissional e pela sua amabilidade e constante disposição.

Ao Zé Roberto e Patricia, do Laboratório de Carnes, pela colaboração e as horas de trabalho compartilhadas, e à Judite e Ana Lourdes pelo apoio brindado.

Aos meus colegas Jorge e Margarida por fazer mais agradáveis as intermináveis horas de trabalho.

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
ÍNDICE DE ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	xi
RESUMO.....	xii
SUMMARY.....	xiii
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Composição e rendimento de carcaças.....	3
2.2 Sistemas de classificação de carcaças.....	8
2.3 Classificação objetiva de carcaças.....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
3.1 Seleção e avaliação de carcaças.....	24
3.2 Desossa e preparação dos cortes.....	24
3.3 Separação das amostras.....	27
3.4 Análise das imagens digitais.....	31
3.4.1 Obtenção das imagens digitais.....	31
3.4.2 Processamento.....	32
3.4.3 Parâmetros avaliados.....	33
<b>4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>	<b>37</b>

<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
5.1 Estatísticas simples e histogramas de frequências.....	40
5.2 Coeficientes de correlação.....	52
5.3 Análise de regressão.....	65
5.3.1 Predição do peso dos cortes do traseiro especial.....	68
5.3.2 Comparação das estimativas segundo faixas de peso de carcaça.....	80
5.3.3 Predição do rendimento dos cortes do traseiro especial.....	87
5.3.4 Predição do peso dos cortes individuais do traseiro especial.....	89
5.4 Repetibilidade do sistema de análise de imagens digitais.....	94
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>99</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Traseiro especial. Aspecto e localização na meia carcaça bovina.....	25
2. Quarto dianteiro. Aspecto e localização na meia carcaça bovina.....	25
3. Ponta de agulha. Aspecto e localização na meia carcaça bovina.....	25
4. Estrutura óssea da carcaça bovina. Localização da 5ª e 12ª costela.....	26
5 a 14. Cortes do traseiro especial: coxão mole, coxão duro, lagarto, patinho, alcatra (maminha, picanha e miolo de alcatra), contrafilé lombar e torácico e filé mignon. Localização na meia carcaça bovina.....	27 a 30
15. Sistema de iluminação para obtenção das imagens digitais.....	31
16 a 22. Seqüências do processo de segmentação das imagens digitais (resumo).....	35,36
23. Algumas imagens digitais que ofereceram dificuldades no processamento.....	39
24 a 41. Histogramas de freqüências das variáveis dependentes e independentes utilizadas.....	43 a 51
42 a 49. Gráficos de valores observados da variável dependente CORTES contra cada uma das variáveis independentes utilizadas.....	56 a 59
50 a 57 Gráfico de valores observados da variável dependente ALCATRA contra cada uma das variáveis independentes utilizadas.....	60 a 63
58. Imagem digital e características da amostra de contrafilé N <sup>o</sup> 36.....	64
59. Imagem digital e características da amostra de contrafilé N <sup>o</sup> 3.....	64
60. Imagem digital e características da amostra de contrafilé N <sup>o</sup> 38.....	64
61. Gráfico Cp vs p correspondente às equações de predição da variável CORTES (tabela 5).....	70
62 a 68. Gráficos de resíduos das variáveis dependentes e independentes correspondentes à equação de predição N <sup>o</sup> 6 (tabela 5).....	70 a 73
69. Gráfico Cp vs p correspondente às equações de predição da variável CORTES (tabela 7).....	77
70 a 77. Gráficos da relação entre valores observados, valores estimados e faixas de peso das carcaças para as equações de predição da variável CORTES N <sup>o</sup> 2,3,4,5,6,8,11 e 12.....	83 a 86
78. Gráfico Cp vs p correspondente às equações de predição da variável CORTES% (tabela 11).....	88

79. Gráfico Cp vs p correspondente às equações de predição da variável CORTES% (tabela 12).....	88
80 a 86. Gráficos de resíduos dos valores estimados para cada uma das variáveis dependentes das equações de predição da tabela 13.....	91 a 94
87. Gráfico de valores estimados, variável CORTES, obtidos a partir das imagens digitais originais e com as replicatas, com linha de concordância perfeita entre os pares de valores.....	97
88. Gráfico de erro contra nível para a variável CORTES, representando a discordância entre os valores estimados com as imagens originais e as replicatas, versus a média para cada amostra. Representam-se, também, as linhas do valor médio das diferenças (dm) e dos limites superior e inferior de concordância.....	97
89. Histograma de freqüências das diferenças entre os valores estimados da variável CORTES, obtidas com as imagens originais e as replicatas.....	98

## ÍNDICE DE TABELAS

1. Sistema de tipificação oficial de carcaças bovinas dos Estados Unidos.....	10
2. Sistema de tipificação oficial de carcaças bovinas do Brasil.....	13
3. Estatísticas simples das variáveis dependentes e independentes utilizadas.....	42
4. Coeficientes de correlação de Pearson entre os pares de variáveis ( $\alpha=0,01$ ; $N=51$ ).....	54
5. Equações de predição do peso (kg) dos cortes do traseiro especial usando a variável MC (peso, kg, da meia carcaça).....	68
6. Valores observados e valores estimados do peso dos cortes do traseiro especial (kg), usando a variável MC (peso, kg, da meia carcaça), segundo as equações N <sup>o</sup> 2,3,4,5 e 6 (tabela 5).....	75
7. Equações de predição do peso (kg) dos cortes do traseiro especial usando a variável TE (peso, kg, do traseiro especial).....	76
8. Valores observados e valores estimados do peso dos cortes do traseiro especial (kg), usando a variável TE (peso, kg, do traseiro especial) segundo as equações N <sup>o</sup> 8,11 e 12 (tabela 7).....	79
9. Equações de predição da porcentagem dos cortes do traseiro especial usando a variável MC (peso, kg, da meia carcaça).....	81
10. Equações de predição da porcentagem dos cortes do traseiro especial usando a variável TE (peso, kg, do traseiro especial).....	82
11. Comparação de valores estimados vs valores observados, variável CORTES, segundo as faixas de peso estabelecidas (equaç. N <sup>o</sup> 2,3,4,5 e 6).....	87
12. Comparação de valores estimados vs valores observados, variável CORTES, segundo as faixas de peso estabelecidas (equaç. N <sup>o</sup> 8,11 e 12).....	87
13. Equações de predição do peso (kg) dos cortes individuais do traseiro especial, usando a variável MC (peso, kg, da meia carcaça).....	89
14. Equações de predição do peso (kg) dos cortes individuais do traseiro especial usando a variável TE (peso, kg, do traseiro especial).....	90
15. Valores estimados dos pesos (kg) dos cortes do traseiro especial, obtidos com a equação N <sup>o</sup> 6 (tabela 5), usando imagens originais e replicatas. Inclui-se a média das diferenças, o desvio padrão e os limites e coeficiente de repetibilidade.....	96

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS UTILIZADAS

**VIA:** análise de imagem digital.

**CORTES:** peso dos cortes do traseiro especial (kg).

**CORTES%:** porcentagem do peso dos cortes do traseiro especial referido ao peso da meia carcaça.

**MC:** peso da meia carcaça (kg).

**TE:** peso do traseiro especial (kg).

**QD:** peso do quarto dianteiro (kg).

**PA:** peso da ponta de agulha (kg).

**MATUR:** maturidade das carcaças (número de dentes incisivos permanentes).

**AOLPLAN:** área do olho de lombo, medida com planímetro (cm<sup>2</sup>)

**ATCVIA:** área total do contrafilé, medida por análise de imagem digital (VIA) (cm<sup>2</sup>).

**AOLVIA:** área do olho de lombo, medida por VIA (cm<sup>2</sup>).

**AOLVIA(%):** porcentagem da área do olho de lombo referida a área total do contrafilé, medida por VIA.

**EGVIA:** espessura da gordura do contrafilé medida por VIA (mm).

**AGVIA:** área da gordura do contrafilé medida por VIA (cm<sup>2</sup>).

**AGVIA(%):** percent. da área da gordura referida a área total do contrafilé, med. por VIA.

**CXMOLE:** peso do corte coxão mole (kg).

**CXDURO:** peso do corte coxão duro (kg).

**LAG:** peso do corte lagarto (kg).

**PAT:** peso do corte patinho (kg).

**ALC:** peso do corte alcatra (inclui maminha, picanha e miolo de alcatra) (kg).

**CONTR:** peso do corte contrafilé (inclui contrafilé lombar e contrafilé torácico) (kg).

**FILEM:** peso do corte filé mignon (kg).

## RESUMO

### "Equações de regressão usando análise de imagem digital para a previsão de pesos e rendimentos de cortes de carne bovina."

O presente trabalho teve como objetivo selecionar equações de adequada acurácia para a previsão do peso e rendimento do traseiro especial de carcaças bovinas e a sua composição em cortes individuais, através da análise de imagens digitais de uma seção do contrafilé da 12<sup>a</sup> costela. Foram utilizadas 51 meias carcaças de machos castrados anelados, escolhidas segundo os pesos de carcaça fria, maturidade e gordura de cobertura, visando obter a maior variação possível nas características. As meias carcaças foram divididas em quarto traseiro e quarto dianteiro entre a 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> costela. O quarto traseiro foi separado da ponta de agulha, cortando com faca e serra a 50 mm do músculo *longissimus*, para produzir o traseiro especial. A desossa deste último forneceu os cortes: coxão mole, coxão duro, lagarto, patinho, alcatra, contrafilé e filé mignon. Uma seção de contrafilé com osso, correspondente à 12<sup>a</sup> costela, foi separada de cada corte e fotografada para obter a imagem digital, a qual foi posteriormente processada para a segmentação das principais características escolhidas: área total do contrafilé (ATCVIA), área e porcentagem da área do olho de lombo (AOLVIA e AOLVIA%), espessura da gordura (EGVIA) e área e porcentagem da área da gordura (AGVIA e AGVIA%). As características de carcaça, os pesos dos cortes totais e individuais e as medidas obtidas por análise de imagem digital (VIA) foram analisados estatisticamente, através do procedimento STEPWISE, para a seleção das melhores equações de regressão. As equações de predição do peso em cortes do traseiro especial (CORTES), para as condições estudadas, apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2 \times 100$ ) que explicaram de 83,5 a 84,0% da variação total dos valores observados, em torno da média, quando as variáveis independentes usadas eram o peso da meia carcaça (MC) e os parâmetros VIA, e de 87,2 a 87,9% quando essas variáveis eram o peso total do traseiro especial (TE) e os parâmetros VIA. Os valores estimados da variável CORTES, fornecidos pelas distintas equações de regressão, quando agrupados segundo diferentes faixas de peso de carcaça, tenderam, em geral, a subestimar ou sobrestimar ligeiramente os valores nas faixas extremas. No entanto, a equação de regressão que incluía só as variáveis independentes TE e AGVIA% forneceu estimativas aceitáveis para todas as faixas de peso. As estimativas do rendimento dos cortes do traseiro especial (CORTES%) não apresentaram boa acurácia. Neste caso, os coeficientes de determinação explicaram de 37,1 a 46,8% e de 21,3 a 30,6%, da variação dos valores observados, quando a principal variável independente utilizada na equação era MC ou TE, respectivamente. A predição do peso dos cortes individuais do traseiro especial apresentou  $R^2$  ( $\times 100$ ) que variaram entre 39,6 e 72,1% e entre 42,8 e 73,7%, usando as variáveis independentes MC ou TE, respectivamente. Repetições de 25 imagens digitais dos contrafilés foram usadas para testar a repetibilidade do sistema de análise de imagem digital utilizado, a qual foi considerada boa para os limites fixados ( $\pm 1,96 \times D.P.$ ). Assim, a análise de imagens digitais resultou um procedimento de alta acurácia para a estimativa do peso em cortes do traseiro especial e de boa acurácia para alguns dos seus cortes individuais, mas as estimativas para porcentagens não foram tão boas.

---

Palavras-chave: carne bovina, análise de imagem digital, estimativas de pesos e rendimentos, regressão.

## SUMMARY

### "Regression equations using video-image analysis for predicting weights and yields of boneless sub-primal beef cuts."

The objective of this work with zebu steer beef carcasses was to develop equations to predict weights and yields of boneless pistol seven sub-primal cuts. Video-image analysis (VIA) of the 12<sup>th</sup> rib was used to define independent variables. Fifty-one carcass sides were selected according to cold carcass weight, maturity and fatness to obtain a large variability of traits. They were broken into hindquarters and forequarters between the fifth and sixth ribs. The pistols ("pistola") obtained from the hindquarters by separating flank and plate through a cut by knife and saw about 50 mm from the *longissimus* muscle were then weighed (TE) and processed into the following boneless and trimmed sub-primals: topside cap off, outside flat, eye round, knuckle, rump, striploin (and cube roll) and tenderloin side strap off. The 12<sup>th</sup> rib steak was removed from each side to obtain a digital photo, which was then processed to determine VIA measurements: total rib area (ATCVIA), rib eye area (AOLVIA) and percent AOL (AOLVIA%), fat thickness (EGVIA) and area and percentage of fat (AGVIA and AGVIA%). Carcass traits, total and individual sub-primal weights and VIA measurements were statistically analyzed using the Stepwise procedure to select the best regression equations. The equations to predict total pistol sub-primal weight (CORTES) accounted for 83.5 to 84.0% of the variation when the independent variables were the side weight (MC) and VIA traits, and accounted for 87.2 to 87.9% when the independent variables were TE and VIA traits. In general, the regression equations tend to slightly underestimate or overestimate the prediction of CORTES for heavier or lighter carcasses. However, the equation using TE and AGVIA% gave acceptable estimates for all weight ranges. The predicted values for the total seven sub-primal cuts (CORTES%), as percentage of side weight, had low accuracies. In this case,  $R^2(\times 100)$  varied from 37.1 to 46.8% and from 21.3 to 30.6% when the major independent variable in the equation was MC or TE, respectively. The equation for weight of the individual sub-primal cuts had  $R^2(\times 100)$  values varying from 39.6 to 72.1% and from 42.8 to 73.7% using MC or TE, respectively. Twenty-five replicates were used to test the repeatability of the VIA procedure. The results obtained were within the fixed limits ( $\pm 1.96 \times S.D.$ ). It was concluded that the VIA procedure developed for this research can give very good estimates for the total of pistol boneless trimmed sub-primal, and good estimates for some individual sub-primal weights, but not as good estimates for the same variables expressed as percentage of side weight.

---

Key words: beef, video image analysis, yield and weight predictions, regression.

## 1. INTRODUÇÃO

Há varias décadas que os pesquisadores de distintas partes do mundo estão trabalhando, analisando e informando sobre os avanços obtidos a respeito da composição, rendimento e qualidade das carnes bovinas. Isto interessa a produtores, industriais e consumidores. A identificação e seleção dos melhores indicadores, sob certas condições, para a previsão daqueles valores, é uma área que tem recebido especial atenção.

Embora a avaliação subjetiva da conformação dos animais vivos seja uma prática muito difundida para sua comercialização, muitos pesquisadores afirmam que ela oferece pouca informação a respeito do conteúdo de carne magra e não é um fator significativo na retalhabilidade da carcaça bovina (Hedrick, 1983). Gregory et al. (1962) concluíram que a comercialização de gado, baseada nas medidas reais das variáveis que influem no valor da carcaça, seria mais exato e mais justo do que o uso de estimativas destas variáveis “in-vivo”.

Coincidindo com isso, e de forma similar a muitos outros pesquisadores, Johnson (1996) desenvolveu uma grande variedade de correlações para identificar os estimadores mais exatos de carne, gordura e osso da carcaça, já que esses três componentes principais forneceriam valiosa informação sobre algumas características comercialmente importantes, tais como: relação músculo/osso, rendimento estimado de carne magra e gordura aparada.

Nesse sentido, são muitos os componentes da carcaça que podem ser usados como indicadores da composição e rendimento em numerosas combinações. Também há uma certa tendência à comercialização de animais de corte mediante especificações o que aumenta a necessidade de métodos objetivos de avaliação da composição de carcaças. Isto implica que as equações de previsão utilizadas devem ser obtidas a partir de populações representativas. Segundo Hedrick (1983) os critérios de seleção de métodos adequados de estimativa da composição de carcaças ou animais vivos deveriam incluir: a) custo e dificuldade para efetuar as medições. b) provada exatidão do método. c) confiabilidade da medida quando usada numa equação de estimativa de carcaças que diferem na raça, sexo e regime nutricional.

Os sistemas atuais de classificação oficial de carcaças baseiam-se na utilização de pessoas treinadas para a avaliação subjetiva das características que determinam o valor e aceitabilidade daquelas, em função das exigências do próprio mercado. Ainda que estes sistemas, em geral, cumpram adequadamente com seu objetivo principal, vários pesquisadores ressaltam as desvantagens que eles apresentam e mencionam a necessidade de implementar sistemas de classificação instrumentais (Cross & Belk, 1994; Borggaard et al., 1996).

Segundo Cross & Savell (1994) o conceito de “comercialização baseado no valor individual” será o assunto de maior importância para a indústria de carnes bovinas no que resta do século XX, já que os produtores querem um verdadeiro sistema de comercialização onde o gado seja comprado e vendido em função do valor individual de cada carcaça. Sem uma comercialização diferenciada não há incentivos reais para que os distintos segmentos da cadeia consigam melhorar seu desempenho.

Eles informam que a “*BEEF INDUSTRY COUNCIL OF THE NACIONAL LIVESTOCK AND MEAT BOARD*” e a “*NATIONAL CATTLEMEN’S ASSOCIATION*” elaboraram um relatório chamado “Value Based Marketing Task Force, 1990” no qual identifica-se como principal objetivo:

- melhorar a eficiência da produção para reduzir o excesso de gordura aparável em 20%.
- incrementar a produção de carne magra enquanto mantém-se a qualidade comestível da carne bovina.

Menciona-se também, entre outros pontos de consenso, que o gado bovino deveria ser avaliado sobre a base das carcaças individuais antes que sobre o preço vivo médio e a necessidade que a indústria de carnes pesquise e desenvolva meios instrumentais para a classificação do valor da carcaça.

São, assim, objetivos desta pesquisa:

- Obter equações de adequada acurácia, selecionando os parâmetros mais importantes, para a previsão do rendimento e composição de carcaças, com fins industriais ou de pesquisa.

- Estimar o rendimento em cortes do traseiro especial de carcaças bovinas e sua composição em cortes individuais através da análise de imagem digital de uma seção do contrafilé na 12<sup>a</sup> costela.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 COMPOSIÇÃO E RENDIMENTO DE CARCAÇAS**

A composição da carcaça refere-se à proporção de cada um dos principais tecidos que a formam: músculo, osso e gordura, que possuem diferentes velocidades de crescimento.

Após o nascimento e sob condições normais de alimentação, o gado bovino crescerá seguindo uma curva sigmóide com aceleração positiva na puberdade e diminuição do ritmo ao aproximar-se a maturidade (Berg & Butterfield, 1978).

Os modelos de crescimento dos tecidos indicam que os ossos crescem num ritmo relativamente baixo e aproximadamente constante. Os músculos crescem com velocidade intermediária, representando uma porcentagem elevada ao nascimento, e com uma alta velocidade de aumento de tamanho que diminui à medida que o animal alcança a maturidade (Hedrick et al., 1994). A gordura constitui uma quantidade relativamente pequena da carcaça ao nascimento, mas sua velocidade de crescimento aumenta quando o animal vai chegando à maturidade. Isto significa uma diminuição da porcentagem da musculatura, motivo pelo qual o estado de desenvolvimento do animal ao momento do abate tem extrema importância na composição da carcaça.

Em geral, as variações achadas nas proporções de músculo, gordura e osso estão influenciadas pela idade, peso, raça e sexo do animal, assim como pelo manejo alimentar e a interação destes fatores (Berg & Butterfield, 1978). Embora o gado bovino cresça em tamanho até os 7 anos de idade ou mais, a maior parte do desenvolvimento muscular estará completo ao redor dos 2 anos, dependendo do tipo biológico (Barbosa, 1995).

Então, sob condições normais de alimentação e para uma raça e sexo determinados, existe a correlação entre peso e idade. Portanto, os animais jovens apresentam tendência a ser mais magros e ter maiores proporções de músculo e ossos, enquanto os animais adultos tendem a ser mais gordos e apresentar menor proporção de músculo e osso (Felicio & Allen, 1981/1982). Berg & Butterfield (1978) mencionam que para cada mercado específico há um estado ideal de desenvolvimento fisiológico, no qual o gado pode ser abatido, independentemente do sexo e da raça. Esse ponto ideal de abate é determinado pelos fatores econômicos de cada mercado e é geralmente indicado pela quantidade de gordura na carcaça.

Do ponto de vista genético, a taxa de maturidade (tempo que o animal leva para atingir o tamanho correspondente à maturidade) é o fator mais importante na regulação da quantidade de deposição de gordura corporal. Em animais jovens os depósitos de gordura aparecem primeiro nas áreas viscerais. Posteriormente, se a ingestão de nutrientes é adequada, a gordura deposita-se debaixo da pele, subcutânea, entre os músculos, intermuscular, e entre as fibras musculares, intramuscular, (Hedrick et al., 1994). O tecido adiposo continua desenvolvendo-se no animal adulto pois uma parte dos nutrientes ingeridos é utilizada para o crescimento dos tecidos e outra parte fica livre para reserva energética.

Isto foi observado por Felício et al. (1982) num estudo realizado com 3 grupos de novilhos zebu com idade média aproximada de: 2,5 a 3 anos, 3 a 4 anos e mais de 4 anos. Os resultados indicaram que o peso e a gordura de cobertura aumentaram com o avanço da maturidade. As carcaças do primeiro grupo apresentaram menor porcentagem de aparas gordas e maior porcentagem de carne aproveitável e osso. Tinham também maior rendimento no traseiro especial quando comparadas com o último grupo, o que foi explicado pelo aumento mais que proporcional da região ventral (ponta de agulha) com o avanço da idade.

Sendo a gordura o tecido mais variável da carcaça, em quantidade e distribuição (Berg & Butterfield, 1978), o mesmo tem a maior influência sobre as proporções dos outros tecidos para qualquer peso da carcaça ou entre grupos de distintos pesos. Nesse sentido,

Abraham et al. (1980) encontraram uma alta correlação simples da espessura da gordura ajustada com a porcentagem dos cortes comerciais que provém do traseiro especial e quarto dianteiro ( $r=-0,82$ ) e com a porcentagem de gordura intermuscular ( $r=0,77$ ).

O sexo do animal influencia na composição da carcaça, observado-se diferenças na curva de crescimento do tecido muscular, ósseo e adiposo entre fêmeas, machos e machos castrados (Berg & Butterfield, 1978). Em estudos sobre vários tipos biológicos, sob boas condições de alimentação e manejo, verificou-se que as fêmeas atingem a maturidade fisiológica 3 meses antes que os novilhos que, por sua vez, a atingem 3 meses mais rápido que os machos não castrados (Barbosa, 1995).

Sabe-se também que a raça tem influência direta sobre a composição da carcaça. A Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ, 1997) realizou um trabalho com machos inteiros das raças Guzerá, Indubrasil, Nelore, e Tabapuã, todos com idade média de 24 meses. As raças Nelore e Tabapuã apresentaram os maiores valores de peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, total de quilos de carne por 100 quilos de animal vivo, área do olho do lombo e espessura da gordura.

Norman & Felicio (1981) desenvolveram um trabalho com 10 animais de cada uma das raças: Charolais, Canchim, Nelore e Guzerá, analisando-se o efeito da alimentação (intensiva, extensiva) e da raça (*Bos taurus* vs *Bos indicus*) sobre os rendimentos corporais e da carcaça. Comparando-se estes rendimentos através da análise da covariância, ajustada para o peso do animal vivo, observaram-se diferenças na composição da carcaça atribuídas ao efeito da raça, embora a maior parte da variação fosse causada pelo regime alimentício ao qual os animais foram submetidos.

Quanto a relação entre conformação e composição da carcaça deve-se destacar que o conceito de conformação tem-se modificado nas últimas décadas. Segundo o "Beef Carcass Classification Scheme" da *MEAT AND LIVESTOCK COMMISSION* (MLC) da Grã Bretanha, o conceito de conformação é usado como indicador da relação músculo/osso e sua relação com a composição da carcaça é examinada separadamente dentro de cada uma das 7 classes da escala fotográfica de gordura (Kempster & Harrington, 1980). Baseado

neste esquema, Kempster (1978) conclui que há uma certa tendência das raças com melhor conformação terem maior relação de carne comercial a ossos para o mesmo nível de gordura externa.

A composição da carcaça pode ser medida por separação física dos principais tecidos (músculo, gordura e ossos) mediante a dissecação da carcaça inteira ou meia carcaça. Também pode ser expressa em termos dos principais componentes químicos (umidade, proteína e lipídeos). Devido a problemas de custos, neste último caso, a maioria dos trabalhos tem-se realizado usando seções da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costela para estimar os componentes totais da carcaça. Equações para a estimativa da composição química da carcaça estão disponíveis em Hankins & Howe (1946) e Crouse & Dikeman (1974).

Nesse sentido, é importante mencionar que Lanna et al. (1995), na avaliação da composição química e física de cortes da costela para estimar a composição química corporal de novilhos Nelore, ressaltam que ambos os métodos estimam com alta precisão as porcentagens de água e extrato etéreo e as quantidades de água, extrato etéreo e proteína corporal destes novilhos. Mas, por outro lado, o uso da composição química do corte da 10<sup>a</sup> costela não apresentou nenhuma vantagem em relação à composição física desse mesmo corte (ou do corte que abarca a 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costela) indicando que o último método citado deveria ser utilizado graças ao seu menor custo e simplicidade.

Outra forma de medir e expressar a composição da carcaça é simplesmente determinar o rendimento de produtos varejistas, os quais estão diretamente relacionados ao valor da carcaça. A desvantagem associada a este método é que para sua interpretação e comparação é essencial contar com uma descrição detalhada da técnica usada para a desossa e limpeza dos cortes utilizados (Felicio & Allen, 1981/1982).

Allen et al. (1969) concluíram que os tecidos separáveis da carcaça eram os melhores indicadores da sua composição. Eles observaram correlações significativamente altas entre a porcentagem de cortes comercializáveis e a porcentagem de músculo separável ( $r=0.78$ ), a porcentagem de gordura ( $r=-0.77$ ) e a porcentagem de ossos ( $r=0.57$ ). A porcentagem de gordura de cobertura aparada estava altamente correlacionada com a porcentagem de

músculo ( $r=-0.82$ ), a porcentagem de gordura aparável ( $r=0.84$ ) e a porcentagem de ossos ( $r=-0.71$ ).

Embora não seja frequentemente usada, a separação física da ponta de agulha também pode ser empregada para estimar o rendimento comercial da carcaça. Miller et al. (1965) verificaram a existência de uma alta correlação entre a porcentagem de músculo na ponta de agulha e a porcentagem de rendimento comercial da carcaça. Isto concordava com o elevado relacionamento entre a porcentagem de gordura na ponta de agulha e a porcentagem de lipídeos na carcaça observado por Hankins & Howe (1946).

Felicio & Allen, (1981/1982) trabalharam com 30 carcaças de novilhos divididos em 3 grupos de diferentes idades com o objetivo de desenvolver equações de estimativa para os cortes comerciais brasileiros: coxão, alcatra, acém e paleta completos e a carne aproveitável total, usando as características da carcaça que fossem efetivamente possíveis de medir sob os procedimentos de elaboração brasileiros. Das varias equações desenvolvidas destacam-se duas: - A primeira estima a porcentagem de cortes comerciais com base no peso da meia carcaça resfriada e a porcentagem de gordura da ponta de agulha. Esta equação explica 73,9% da variação nos cortes comerciais com um desvio padrão residual de 1,23. - Uma segunda equação estima a porcentagem da carne aproveitável total usando o peso da meia carcaça resfriada e a porcentagem do músculo da ponta de agulha registrando 83,3% da variação total, com um desvio padrão residual de 1,13.

Os autores ressaltam que, embora este método utilize a separação dos componentes da ponta de agulha, devido à sua facilidade de execução e às pequenas perdas econômicas do produto, poderia chegar a ser um estimador muito útil e exato para a estimativa da composição de carcaças em pesquisas, teste de progênie e, talvez, de carcaças concursadas no Brasil.

Johnson et al. (s.n.t.) realizaram uma pesquisa para comparar o valor da área do olho de lombo, na 10<sup>a</sup> costela, com a área do olho de lombo, medida na 5<sup>a</sup> costela, na predição do peso e porcentagem de carne da carcaça. Eles encontraram que as combinações de espessura da gordura, peso da meia carcaça quente e a área do olho de lombo foram os mais

exatos indicadores dessas características. Das duas áreas de seção medidas, a da 5ª costela (geralmente, metade da área da 10ª costela) foi claramente superior. Por questões práticas e econômicas, em países como o Brasil, onde a separação do quarto traseiro e dianteiro realiza-se a nível da 5ª-6ª costela, esses resultados podem ser de grande interesse.

Felício & Allen, (1981/1982) desenvolveram, também, uma equação para estimar a porcentagem de cortes comerciais brasileiros (porcentagem do peso da carcaça resfriada sem gordura pêlvica, peri-renal e interna do tórax). Utiliza a gordura de cobertura e a conformação, avaliadas subjetivamente, e a espessura da gordura e a área do olho de lombo, medidas ambas na 5ª costela, e apresenta um coeficiente de determinação ( $R^2 \times 100$ ) de 72,53 e um desvio padrão residual de 1,31. Os autores enfatizam que esta pode ser uma boa alternativa quando não é prático medir as características da 12ª costela. No entanto, nas raças zebuínas, predominantes na região pecuária central do Brasil, as características da menor gordura de cobertura dificultam o uso desta seção para tais objetivos.

Allen (1968) achou uma alta correlação entre a porcentagem da carcaça desossada, o rendimento comercial da carcaça aparada, e a porcentagem de rendimento comercial da ponta de agulha ( $r=0.88$ ) e entre a porcentagem de gordura aparada total e a porcentagem de gordura da ponta de agulha ( $r=0.87$ ). Observou, também, coeficientes similares aos anteriores quando outros cortes, por exemplo do peito, eram usados em lugar da ponta de agulha.

## 2.2 SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE CARCAÇAS

Uma análise dos sistemas de classificação de carcaças bovinas vigentes nos principais países produtores de carnes indica que há, basicamente, duas opções : o estilo América do Norte e o estilo Europa - América do Sul, os quais possuem diferenças de acordo com as características de produção e do mercado de carnes de cada país (Felício, 1999).

O estilo América do Norte tem como base a tipificação, ou hierarquização dos tipos, dos Estados Unidos, que só pode ser aplicado nas carcaças resfriadas, utilizando uma escala

de rendimentos de desossa e uma escala de qualidade da carne. A compra do gado baseia-se no peso da carcaça e numa estimativa que os compradores fazem das porcentagens de carcaças que serão enquadradas nos graus de rendimento e de qualidade. Ou seja, o pagamento não é feito segundo o resultado real da tipificação, mas sim na estimativa do resultado esperado.

O estilo Europa - América do Sul estrutura-se de acordo com os sistemas de classificação desenvolvidos na década de 70 no Reino Unido e na França. Caracterizam-se por ser aplicados só à carcaça quente, na sala de abate. Permitem a compra do gado com base na classificação, que pode até ser feita na presença do pecuarista, obtendo-se, assim, os resultados de imediato. Para isso, utiliza-se somente parâmetros que podem ser medidos ou avaliados na própria sala de abate.

Nestes sistemas, a idéia original era identificar algumas classes a serem incentivadas e deixar o mercado diferenciar os preços segundo a oferta e a demanda, mas no fim acabam tentando interpretar o que o mercado deseja e, portanto, ordenando as classes preferidas em tipos hierarquizados, passando-se assim da classificação à tipificação.

A tipificação dos Estados Unidos e do Canadá visa selecionar a carne para comercialização a preços diferenciados e não o pagamento diferenciado ao produtor, ainda que este indiretamente sentirá o reflexo no preço ofertado pelos compradores. Já nos países latino-americanos ou europeus, a tipificação objetiva uma diferenciação de preços que não se verifica nas transações comerciais entre produtores, indústria e comércio, possivelmente porque os tipos preestabelecidos não representem diferenças de valor nem para estes segmentos envolvidos nem para os consumidores. Talvez, isto aconteça porque o sistema oficial foi concebido para pagamento diferenciado ao fornecedor de gado, deixando de lado o cliente, que adquire a carne para agregar valor e revender, e o consumidor final (Felício, 1999).

Nos Estados Unidos de América, o "OFFICIAL UNITED STATES STANDARDS FOR GRADES OF CARCASS BEEF" (1997) oferece a base para a classificação uniforme de todas as carcaças bovinas comercializadas. Estão contidos aí, separadamente, os

padrões de classificação de qualidade e a classificação de rendimentos. A qualidade classifica-se de forma diferente para carcaças de novilhos, novilhas, vacas e tourinhos, usando-se 8 designações distintas para os dois primeiramente mencionados: Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter e Canner. Considera-se, para isto, o grau de marmorização, a textura e firmeza observados na superfície do olho de lombo na 12ª costela, combinados com as classes de maturidade (Tabela 1). Para vacas e machos adultos utilizam-se as designações: Commercial, Utility, Cutter e Canner.

Tabela 1. Sistema de tipificação oficial de carcaças bovinas dos EE.UU.  
Relacionamento entre marmorizado, maturidade e grau de qualidade da carcaça\*.

<b>Maturidade**</b> <b>Grau de Marmorização</b>	<b>A***</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>Slightly Abundant</b>	PRIME				
<b>Moderate</b>			COMMER CIAL		
<b>Modest</b>	CHOICE				
<b>Small</b>					
<b>Slight</b>	SELECT			UTILITY	
<b>Traces</b>	STANDARD				CUTTER
<b>Practically Devoid</b>					

\* Entende-se que a firmeza da carne magra está de acordo com o grau de marmorização e que a carcaça não apresenta cortes escuros ("dark cutter").

\*\* A maturidade aumenta de A até E.

\*\*\* A porção de maturidade A da figura é a única aplicável a carcaças de touros jovens.

A classificação de rendimento, aplicável a todas as classes de carne bovina, possui 5 graus determinados pelos números 1 a 5, sendo o número 1 quem representa o maior grau de retalhabilidade. Se obtém aplicando uma equação de regressão que considera 4 características da carcaça: (1) quantidade de gordura externa, (2) quantidade de gordura peri-renal, pélvica e interna do tórax, (3) área do olho de lombo e (4) peso da carcaça, da seguinte maneira:

Rendimento de cortes ("round", "rib", "loin" "and " "chuck") =  $2,5 + (2,5 \times \text{espessura da gordura ajustada, pol.}) + (0,20 \times \text{percentual de gordura pélvica, peri-renal e cardíaca}) + (0,0038 \times \text{peso da carcaça quente, lb}) - (0,32 \times \text{área do olho de lombo, pol}^2)$ .

Para a maioria das carcaças bovinas o grau de rendimento pode determinar-se com boa aproximação na base de uma avaliação visual.

A União Européia classifica as carcaças bovinas por inspeção visual segundo o esquema EUROP que define a “gordura de cobertura” (grau de acabamento) e a “conformação” (relação carne/osso), que junto ao “peso” e a “categoria” (vaca, touro, novilho, etc.) são a base de pagamento aos produtores. A classificação é efetuada por pessoas treinadas segundo o esquema anterior, sejam classificadores das indústrias ou de instituições independentes. Para manter e controlar um sistema comum através de toda a União, os Inspetores e os Inspetores Chefes Nacionais verificam as classificações realizadas (Borggaard et al., 1996).

No Brasil, a portaria N<sup>o</sup>612/89 do Ministério da Agricultura estabelece o sistema oficial de tipificação de carcaças bovinas. Este hierarquiza os tipos utilizando as letras da palavra BRASIL, sendo eles formados a partir de restrições referentes a: maturidade, sexo, conformação, gordura de cobertura e peso da carcaça, tal como pode-se observar na tabela 2. O tipo (B) corresponde as especificações das carcaças que satisfazem os requerimentos da "Cota Hilton" ou cortes do traseiro especial exportados à União Européia.

Aqui a categoria de sexo e maturidade representa o animal, a idade fisiológica aproximada e funciona como indicador de qualidade, ou seja, por exemplo, novilho/a

produz maior rendimento em carne de melhor qualidade do que vaca. A gordura subcutânea tem uma alta correlação negativa com os rendimentos em carne magra e também é um fator de qualidade naqueles matadouros que resfriam muito rapidamente as carcaças protegendo-as da desidratação e escurecimento superficial e do encolhimento pelo frio ("cold shortening") que endurece a carne.

A musculosidade é o impacto visual determinado pelo volume de massa muscular e a conformação indica a forma das regiões anatômicas que possuem grandes massas musculares e gordura. O primeiro é um bom indicador da relação carne magra/osso da carcaça e o segundo da relação carne+gordura/osso. Entretanto, na Europa Continental o gado é de acabamento tardio e possui pouca gordura de cobertura, assim musculosidade e conformação são praticamente iguais (Felício, 1999).

Tabela 2. Sistema de tipificação oficial de carcaças bovinas no Brasil.

Portaria N<sup>o</sup>612/89 do Ministério da Agricultura.

<u>TIPOS</u>	<u>MATURIDADE</u>	<u>SEXO</u>	<u>CONFORMAÇÃO</u>	<u>GORDURA</u>	<u>SEXO/ PESO</u>
<b>B</b>	J - 0 d.i.p. J - até 4 d.i.p. J - até 4 d.i.p.	M C F	C - Sc - Re	2 - 3	M: ≥225 kg C: ≥225 kg F: ≥210 kg
<b>B</b>	J - 0 d.i.p. J - até 4 d.i.p. J - até 4 d.i.p.	M C F	C - Sc - Re	2 - 3 - 4	M: ≥210 kg C: ≥210 kg F: ≥180 kg
<b>R</b>	J, I - 0 a 6 d.i.p.	C F	C - Sc - Re - Sr	2-3-4	C: ≥ 220 kg F: ≥ 180 kg
<b>A</b>	J, I - 0 a 6 d.i.p. A - 0 d.i.p.	F M	C - Sc - Re - Sr	1 e 5	M: ≥ 210 kg F: ≥ 180 kg
<b>S</b>	J, I, A - 0 a 8 d.i.p.	C F	C - Sc - Re - Sr	1-2-3-4-5	C: ≥ 225 kg F: ≥ 180 kg
<b>I</b>	J, I, A - 0 a 8 d.i.p.	M C F	C - Sc - Re - Sr	1-2-3-4-5	Sem Especificação
<b>L</b>	J, I, A - 0 a 8 d.i.p.	M,C,F	Co	1-2-3-4-5	Sem Especificação

**Maturidade:**

J: anim.jovem até 4 d.i.p. (dentes incisivos permanentes).  
I: anim. intermediário de 4 a 6 d.i.p.  
A: anim. adulto com mais de 6 d.i.p.

**Conformação:**

C: convexo  
Sc: subconvexo  
Re: retilíneo  
Sr: subretilíneo  
Co: côncavo

**Sexo:**

M: macho inteiro  
C: macho castrado  
F: fêmea

**Gordura:**

1. Magra: gordura ausente  
2. Escassa: 1 a 3 mm espessura  
3. Mediana: 3 a 6 mm espessura  
4. Uniforme: 6 a 10 mm espessura  
5. Excessiva: acima de 10 mm espessura

De acordo com Pardi et al. (1996) algumas modificações ao sistema atual tem sido propostas visando levar em consideração a diferente conformação do animal azebuado, predominante no país, daquela do gado europeu. Considera-se também que alguns pequenos ajustes no tipo B permitiriam uma melhor utilização do sistema: o limite de idade para novilhos/as poderia ser no máximo de 2 dentes incisivos permanentes e no caso de machos inteiros, sem dentes incisivos permanentes. Com relação ao grau de acabamento, seria preciso excluir, neste tipo, o nível 2 de gordura para evitar a desidratação e/ou escurecimento durante o resfriamento. O limite mínimo de peso da carcaça também poderia ser aumentado para 230 kg, valor mais desejável na atualidade.

Através da Portaria Ministerial N<sup>o</sup>268/95 admite-se como ponto de referência comercial o "Novilho Precoce" que substitui a antiga classe "Jovem" que em anos recentes era a base dos programas de incentivos à produção de gado bovino. Mas hoje esses programas estão cedendo lugar às parcerias verticais ou alianças comerciais entre pecuaristas, matadouros-frigoríficos e supermercados, cujo objetivo é a coordenação da cadeia produtiva e a transformação da carne num produto de origem conhecida e qualidade assegurada. Mas para que isto seja possível é necessário que as classes ou tipos de carcaças reflitam as diferenças de valor em toda a cadeia, os parâmetros de classificação sejam capazes de medir essas diferenças de rendimento e qualidade e a tipificação oficial acompanhe permanentemente as transformações do mercado (Felicício, 1999).

Como pode-se observar nos sistemas subjetivos atuais de tipificação de carcaças os países levam em consideração fatores de rendimento e qualidade. Neste último caso, baseados na maturidade fisiológica combinada com outros indicadores de qualidade como a marmorização e a cor da carne, avaliados visualmente. Usa-se a maturidade porque há evidências que a maciez da carne diminui com o avanço da idade (Hiner & Hankins, 1950; Goll et al., 1965), o que está associado ao fator colagênico.

### 2.3 CLASSIFICAÇÃO OBJETIVA DE CARÇAÇAS

O sistema EUROP de tipificação de carcaças bovinas é relativamente exitoso devido a que as características de "gordura de cobertura" e "conformação" são chamadas estatisticamente de "componentes principais" para a avaliação do valor da carcaça. A classificação subjetiva, segundo este sistema, tem adequada acurácia já que correlaciona-se muito bem com o valor real da carcaça. No entanto, apresenta algumas desvantagens:

- A classificação pode ser influenciada, consciente ou inconscientemente, para grupos de carcaças.
- A avaliação dos classificadores varia constantemente e há diferenças sistemáticas entre eles.
- Há diferenças entre os inspetores chefes, inspetores e classificadores.

A implementação de um sistema de classificação bovina automatizado, através de um esquema EUROP objetivo, eliminaria as desvantagens mencionadas estabelecendo uma base sólida de confiança entre pecuaristas, indústria e autoridades governamentais, podendo também fornecer informação sobre outras características da carcaça que serviriam para melhorar a economia da produção mediante a otimização do seu uso (Borggaard et al., 1996).

Em relação a isto, muitos métodos médicos sofisticados de análise e estudo de imagens estão disponíveis para a avaliação do rendimento e a qualidade da carne, mas só apresentam verdadeiro interesse aqueles que são, ou podem chegar a ser, suficientemente robustos, rápidos, relativamente não destrutivos e de custo acessível para uso comercial na indústria cárnea. A determinação do rendimento de carne comercializável de uma carcaça é importante por dois motivos. Primeiro, tal informação é requerida pelos produtores ou criadores de gado como base do pagamento e para melhoramentos genéticos. Segundo, ela pode ser usada, também, pelos setores ligados à comercialização de cortes e à elaboração de produtos. As previsões do rendimento estão baseadas num simples principio que indica que o rendimento de carne é diretamente proporcional ao peso da carcaça, mas é inversamente proporcional à quantidade de gordura (Swatland, 1995).

Este pesquisador relata que vários instrumentos tem sido testados para a avaliação objetiva do rendimento e a qualidade de carnes: sondas óticas de gordura, ultrassom e TOBEC ("total-body electrical conductivity") em suínos; VIA ("video image analysing"), TOBEC e refletância NIR ("near infrared") em bovinos e sondas óticas de gordura/carne em ovinos. Alguns deles precisam ainda de maior desenvolvimento e são de custo elevado, mas provavelmente serão, no futuro, absolutamente necessários para fornecer a informação que permita implementar programas de análise de perigos e pontos críticos de controle combinados com sistemas de controle de qualidade total, especialmente para plantas automatizadas.

Entretanto, Monin (1998) menciona que das numerosas técnicas que tem sido propostas para avaliação da qualidade de carnes frescas, poucas cumprem com os requerimentos industriais. Enquanto a instrumentação tem avançado tremendamente a nível de laboratório, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos que determinam a qualidade da carne, a aplicação deste conhecimento para avaliação na indústria cárnea permanece muito limitado. Os métodos de laboratório precisam de sensibilidade, exatidão e robustez, não sendo muitas vezes a complexidade, o custo e a rapidez do equipamento um impedimento para sua utilização. Mas, na indústria cárnea a realidade é totalmente diferente. O sucesso para qualquer técnica de avaliação instrumental requer, entre outras coisas, a existência de uma necessidade real e um benefício assegurado, a relação direta entre o parâmetro de qualidade medido e o produto final, uma acurácia de estimativa razoável, um custo adequado e rapidez para funcionamento em linhas contínuas.

Segundo a opinião deste autor as técnicas mais promissoras para avaliação da qualidade da carne em grande escala são as medidas de ultrassom, para animais vivos e carcaças inteiras, e o processamento de imagens e a espectroscopia do infravermelho próximo, para cortes de carnes e carcaças. A VIA tem provado capacidade para determinar características de aceitabilidade, tais como cor (da carne e da gordura), marmorização (número, tamanho e proporção de gordura intramuscular) e capacidade de retenção de água da carne (Irie et al., 1996). Entretanto, a espectroscopia NIR tem grande potencial para variadas aplicações, entre elas: predição da dureza e detecção de carnes congeladas-descongeladas.

Nos Estados Unidos de América, afim de classificar objetivamente as carcaças bovinas, o *UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA)*, a *NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA)*, o “*JET PROPULSION LABORATORY*” e a *KANSAS STATE UNIVERSITY* iniciaram, já em 1980, o desenvolvimento de um instrumento para a avaliação dos parâmetros de rendimento e qualidade. A análise de vídeo imagem foi identificada como a de maior potencial para tais propósitos, especialmente na classificação do rendimento antes que nos fatores de qualidade (Cross et al., 1983).

Levando em consideração que a maioria dos segmentos industriais concorda que o valor dos cortes de carne no varejo deveria refletir a confiança e demanda dos consumidores e considerando que a comercialização de carne bovina baseada no "valor" e na "qualidade" está sendo implementada, é essencial que se procure qualidade, uniformidade e consistência e se penalize a produção de não uniformidade e diminuição da qualidade. Portanto, um sistema instrumental de avaliação de carcaças é fundamental para que isto ocorra já que normalmente os produtores não confiam suficientemente no sistema de classificação subjetiva atual. Neste sentido e apesar dos maiores esforços de pesquisa sendo direcionados para duas tecnologias identificadas como as de maior potencial para a classificação com exatidão de carcaças (análise de vídeo imagem e ultrassom) muitos sistemas aparecem agora como promissores para uso industrial, a saber (Cross & Belk, 1994):

*ULTRASOM*: as imagens de ultrassonografia são um registro das ondas de som interagindo com as propriedades fisiológicas da amostra. A informação é usada para descrever as propriedades mecânicas da amostra cárnea escaneada. Suas vantagens incluem o custo relativamente baixo, facilidade de uso, segurança e potencial para a previsão das características de qualidade e rendimento.

*ANÁLISE DE VIDEO IMAGEM (VIA)*: uma câmera localizada perpendicularmente à superfície da amostra de carne, dentro dos 15° , transmite imagens a um computador onde é digitalizada. Mede-se assim eletronicamente algumas características como gordura e musculosidade para estimar a composição. Produz

resultados mais exatos que com parâmetros medidos fisicamente, é adaptável a produções de grande escala e aplicações robóticas. Requerem-se amostras de seções da carcaça e padronização das condições de trabalho do sistema.

*TECNICAS DE RAIOS X*: são mapas de diferenças de densidade através dos tecidos obtidos por técnicas tais como: tomografia axial computadorizada (CAT) ou tomografia de emissão de positron (PET). Possuem alto correlacionamento com o conteúdo de gordura intramuscular e a composição e tem boa resolução. No entanto, são equipamentos caros e não estão ainda adequados para produção em grande escala.

*IMAGEM DE RESONÂNCIA MAGNETICA NUCLEAR (NMR)*: mede diferenças de energia entre momentos magnéticos naturais quando expostos a campos magnéticos externos. Oferece correlação muito elevada com o conteúdo de lipídeos, água e proteínas e boa resolução. São equipamentos caros e requerem proteção especial.

*ANÁLISE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA*: mede-se a condutividade dentro de um compartimento magnético. Tecidos com diferentes condutividade afetam o campo magnético permitindo estimar a composição. Por exemplo, equipamento para medida eletrônica da carne (EMME) e condutividade elétrica corpórea total (TOBEC). Apresentam altas correlações com a gordura da carcaça e o peso corporal livre de gordura para TOBEC (>0.95). Correlações para o EMME são menos exatas (0.79 para a gordura e 0.49 à 0.79 para os músculos). São rápidos e adequados para plantas industriais de grande produção.

*REFLETÂNCIA DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIR)*: são medidas de absorção de comprimento de ondas no infravermelho para obter diferenças entre a gordura e a carne. A técnica é simples e relativamente barata, mas requer maior desenvolvimento.

*SONDAS ÓTICAS DE GORDURA/CARNE:* mede-se a refletância do músculo e componentes gordurosos. A gordura é estimada com maior exatidão do que a carne ( $R^2=0.82$ ). A porcentagem de músculo é mais aproximada quando usada conjuntamente com o peso e o comprimento da carcaça ( $R^2=0.77$ ).

*SONDAS ÓTICAS DE TECIDO CONECTIVO:* determinam a fluorescência do tecido conectivo dentro do músculo através de uma sonda de fibra ótica simples. Pode-se estimar assim a dureza do tecido conectivo. Esta tecnologia requer maiores desenvolvimentos.

*ANALIZADOR DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA (BIA):* mede-se a resistência e a reatância de uma corrente alternada constante que passa-se através dos tecidos. Pode-se estimar a composição devido a que as gorduras são isolantes e o tecido muscular é condutor. Dados iniciais sugerem um certo relacionamento entre o volume da corrente e a massa livre de gorduras ( $r=0.77$ , vivo;  $r=0.83$ , carcaça). Mais pesquisas são necessárias antes que seu uso comercial seja possível.

*VELOCIDADE DE SOM (VOS):* determina-se a velocidade do ultrassom que varia segundo o tipo de tecido. As medidas físicas, assim como as estimativas, requerem maior desenvolvimento.

*ELASTOGRAFIA:* são medidas de deslocamento interno de pequenos elementos de tecidos em resposta a uma pressão externa aplicada usando-se pulsos ultrassônicos. Regiões de luz colorida em imagens correspondem a tecidos macios, mais elásticos. As pesquisas iniciais sugerem que os elastogramas podem ser capazes de descrever a estrutura muscular a nível das ligações musculares e detectar diferenças na elasticidade de uniões musculares, quantidade de tecido conjuntivo e de gordura intramuscular.

A imagem digital é um recurso que permite obter, também, informação quantitativa. A acurácia da análise por meio de vídeo imagem está determinada por dois grupos de fatores principais: a) mensurabilidade e validade do parâmetro escolhido para ser estimado

quantitativamente, b) precisão da imagem digitalizada, a qual depende da distância e o ângulo da câmera fotográfica ou vídeo-câmera em relação ao objeto (que deve manter-se sob condições padronizadas de iluminação) e da resolução do sistema (Branscheid et al., 1996).

Segundo estes autores, num estudo realizado com suínos, o conteúdo de carne magra nas meias carcaças e a proporção de áreas de carne ou gordura em relação a área total foram estimados através do método VIA com grande confiabilidade. Eles indicam que com o objetivo de melhorar as estimativas obtidas deveriam considerar-se no modelo os pesos dos cortes e das carcaças. Menciona-se também uma vantagem adicional do método de análise de imagens digitais: não se utilizam necessariamente medidas de áreas absolutas, mas relações entre elas, conseguindo-se assim determinações exatas.

Cross et al. (1983) também mencionaram o grande potencial do sistema de vídeo imagem demonstrado pelas equações de previsão desenvolvidas em comparação às obtidas por meios subjetivos, incluindo-se aí algumas vantagens:

- A possibilidade de trabalhar industrialmente com mais de 350 carcaças/hora.
- A separação da gordura subcutânea antes do resfriamento tem um efeito fundamental sobre a classificação do rendimento USDA já que a "espessura da gordura ajustada" é a característica simples mais importante nas equações de previsão. Na análise de vídeo imagem, estas equações podem prescindir daquela característica sem perder maior acurácia.

Eles determinaram que em todos os casos, exceto um, as equações de previsão obtidas através das características medidas por VIA foram melhores indicadores da composição dos contrafilés correspondentes à 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> vértebra que aquelas equações desenvolvidas a partir de características da carcaça avaliada pelo classificador. Em alguns casos as diferenças foram bastante grandes e, freqüentemente, os dados correspondentes a "gordura total" e "área de carne magra" integravam as equações antes que a "espessura da gordura". Por exemplo, a melhor equação gerada pelos parâmetros de qualidade medidos por vídeo imagem tinha um coeficiente de determinação (CD) de 93,6%, enquanto que a melhor equação obtida através das características medidas pelo classificador tinha um CD=84%.

Igualmente, a previsão da "porcentagem da gordura" foi melhor obtida por VIA (CD=88,7%) em relação as características medidas pelo classificador (CD=83,6%).

Cross et al. (1983) constataram que a melhor combinação de fatores, medidos instrumentalmente, para estimar os quilos de carne magra eram: a área de carne magra total do contrafilé (cm<sup>2</sup>), peso total do contrafilé (kg), área de gordura total (%) e espessura da gordura (cm), cuja equação tinha um coeficiente de determinação de 93,6%. Em comparação, a melhor equação obtida por medidas não instrumentais, que incluíam: o peso da carcaça quente (kg), espessura ajustada da gordura (cm) e área do olho do lombo (cm<sup>2</sup>), tinha um CD=84,2%. Consideraram o uso do VIA de grande potencial como sistema de classificação para fins comerciais ou de pesquisa.

Albrecht et al. (1996) utilizaram a análise de vídeo imagem para o desenvolvimento de uma nova técnica de avaliação objetiva da marmorização de carnes bovinas. Eles destacam que o método VIA permite uma comparação mais detalhada de diferentes amostras e fornecem muito mais informação que o grau de marmorização medido subjetivamente ou o conteúdo de gordura obtido quimicamente. Fato comprovado no estudo realizado com touros das raças Belgium Blue, German Angus, Galloway e Friesian, no qual determinaram-se instrumentalmente parâmetros como: proporção, distribuição e tamanho das áreas de gordura nos músculos *L.dorsi* e *semitendinosus*. Menciona-se que o número de áreas de gordura é um importante indicador da "qualidade de marmorização": quanto mais áreas, melhor, desde que o tamanho delas seja tão pequeno quanto possível.

Scholz et al. (1996) consideram que as determinações subjetivas inexatas do grau de marmorização de suínos constituem um problema adicional na Alemanha. Indicam que a VIA permite quantificar o grau de marmorização em lombos de porcos, ou outras espécies animais, de forma relativamente fácil, rápida e objetiva. Sua exatidão depende grandemente da técnica utilizada, mas para aplicações de rotina em linhas de abate é necessário desenvolver um método que evite ou leve em consideração alguns fatores tais como a reflexão da luz sobre a superfície do objeto e o exsudado de umidade. Estes pesquisadores, trabalhando na determinação do grau de marmorização em lombos suínos através da vídeo imagem, encontraram uma correlação desse parâmetro com a porcentagem

de gordura intramuscular de 0.85, muito maior que a correlação entre a avaliação subjetiva da marmorização com a porcentagem de gordura intramuscular ( $r=0.56$ ).

No *DANISH MEAT RESEARCH INSTITUTE* foi desenvolvida a segunda geração do centro de classificação objetiva de carcaças bovinas (BCC-2). O sistema analisa as meias carcaças, na linha de abate, determinando escores de algumas características visuais, como conformação, grau de acabamento e cor da gordura, e estimando outras características, como porcentagem de carne comercializável ( $R^2: 0,70$ ) e área de olho de lombo ( $R^2: 0,85$ ). Este centro utiliza componentes de baixo custo relativo e técnicas modernas de processamento da informação, sendo fácil de se adaptar a mudanças nos requerimentos, a diferentes materiais biológicos e a distintas técnicas de abate e parâmetros de qualidade (Borggaard et. al., 1996).

Shackelford et al. (1998) criaram um método de medição em linha da maciez da carne que depende da remoção de uma seção transversal de 2,54 cm de espessura de contrafilé com osso na 12<sup>a</sup> costela de cada carcaça. Aproveitaram a amostra para estimar por análise de vídeo imagem o rendimento e composição da carcaça. Entre outras variáveis foram determinadas: área de carne magra total, área de gordura total, área total do filé e área do olho do filé. Eles conseguiram estimar com maior exatidão a retalhabilidade da carcaça do que o rendimento, assim como também estimar com adequada exatidão a área do L. *dorsi*, mas não dispunham de suficiente variação nos dados de marmorização e cor da carne magra, afim de estudar adequadamente a capacidade desta tecnologia para estimar aquelas características. Concluíram que o sistema VIA poderia ser usado pela indústria em combinação com a classificação de maciez para caracterizar com boa acurácia a retalhabilidade da carcaça, área do L. *dorsi*, peso dos cortes secundários e maciez, facilitando o desenvolvimento de um "sistema de comercialização baseado no valor individual" das carcaças e cortes de carne.

Os modelos desenvolvidos por estes pesquisadores demonstraram maior acurácia na estimativa do peso ( $R^2=0.95$  versus  $R^2=0.90$ ) e rendimento percentual ( $R^2=0.89$  versus  $R^2=0.77$ ) dos cortes cárneos livres de gordura aparente que as correspondentes

classificações subjetivas. Eles indicam, ademais, que o processo de colheita e análise de imagens oferece elevada repetibilidade.

Por sua vez, Wassenberg et al. (1986) ressaltavam já na década passada a necessidade histórica de selecionar aqueles fatores que indicam os atributos de qualidade e rendimento de carnes e o fato que até hoje a classificação USDA de carcaças bovinas continua efetuando-se por meio de características que nem sempre são medidas objetivamente. A VIA constitui um possível instrumento para a classificação de carcaças de considerável potencial e nesse sentido uma pesquisa foi realizada afim de:

- Avaliar a utilidade da VIA na classificação de carcaças bovinas.
- Desenvolver equações de regressão para estimativa de porcentagens e quilos de cortes desossados, cortes magros primários aparados e gordura, usando a análise de vídeo imagem.
- Comparar equações VIA com aquelas habitualmente usadas pelo sistema USDA para a previsão de quilos e porcentagens de rendimento de cortes primários bovinos.

Eles determinaram por VIA de uma seção transversal da 12<sup>a</sup> vértebra os seguintes parâmetros: área total, área e porcentagem de gordura, área e porcentagem de carne magra, espessura da gordura subcutânea, número e área total de partículas de gordura intramuscular e luminosidade da cor do tecido muscular. Encontraram que a capacidade da VIA para estimar porcentagens (CD=46,36% vs 46,35%) e quilos (CD=95,63% vs 94,29%) de cortes primários foi igual em exatidão à dos fatores obtidos por um comitê de classificação USDA, o qual indica que trata-se de um método confiável para esse fim com a vantagem adicional de estar menos sujeito ao erro humano.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE CARCAÇAS

Para a execução da presente pesquisa foram selecionadas 51 meias carcaças bovinas, todas provenientes de machos castrados anelados, abatidos no Frigorífico Bertin (Lins-SP) e tipificadas de acordo com a Portaria Ministerial N<sup>o</sup>268/95 do Ministério da Agricultura.

Carcaças de distinta maturidade, peso e gordura de cobertura, correspondentes a diferentes tipos (ver tabela 2) foram escolhidas, a fim de trabalhar com um universo amostral heterogêneo e representativo.

#### 3.2 DESOSSA E PREPARAÇÃO DOS CORTES

Após 24 horas de resfriamento, a temperatura de 0-2°C, as meias carcaças escolhidas (lado esquerdo, sem o cupim) separaram-se em traseiro especial (figura 1), quarto dianteiro (figura 2) e ponta de agulha (figura 3), sendo cada um deles devidamente pesados e identificados. Os quartos traseiros e dianteiros, segundo as normas usuais para o Brasil, dividiram-se entre a 5<sup>a</sup> e a 6<sup>a</sup> costela (figura 4). A ponta de agulha foi separada do quarto traseiro cortando com faca e serra a 50 mm do músculo *longissimus* para obter o traseiro especial.

Todos os traseiros especiais foram posteriormente desossados com a finalidade de obter-se os seguintes cortes: coxão mole ("topside cap off", código N<sup>o</sup>2001, HANDBOOK OF AUSTRALIAN MEAT, 2000), coxão duro ("outside flat", cód. N<sup>o</sup>2050), lagarto ("eye round", cód. N<sup>o</sup>2040), patinho ("knuckle", cód. N<sup>o</sup>2070), maminha ("botton sirloin triangle", cód. N<sup>o</sup>2131), picanha ("rump cap", cód. N<sup>o</sup>2091), miolo de alcatra ("rostbiff", cód. N<sup>o</sup>2110), contrafilé lombar ("striploin", cód. N<sup>o</sup>1562), contrafilé torácico ("cube roll", cód. N<sup>o</sup>2241) e filé mignon, sem cordão ("tenderloin side strap off", cód. N<sup>o</sup>2160).

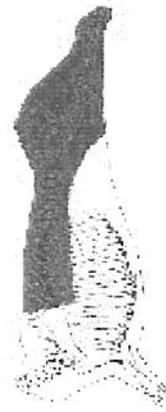


Figura 1. Traseiro especial. Localização na carcaça.

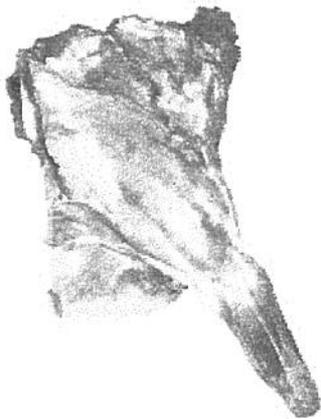


Figura 2. Quarto dianteiro. Localização na carcaça.



Figura 3. Ponta de agulha. Localização na carcaça.

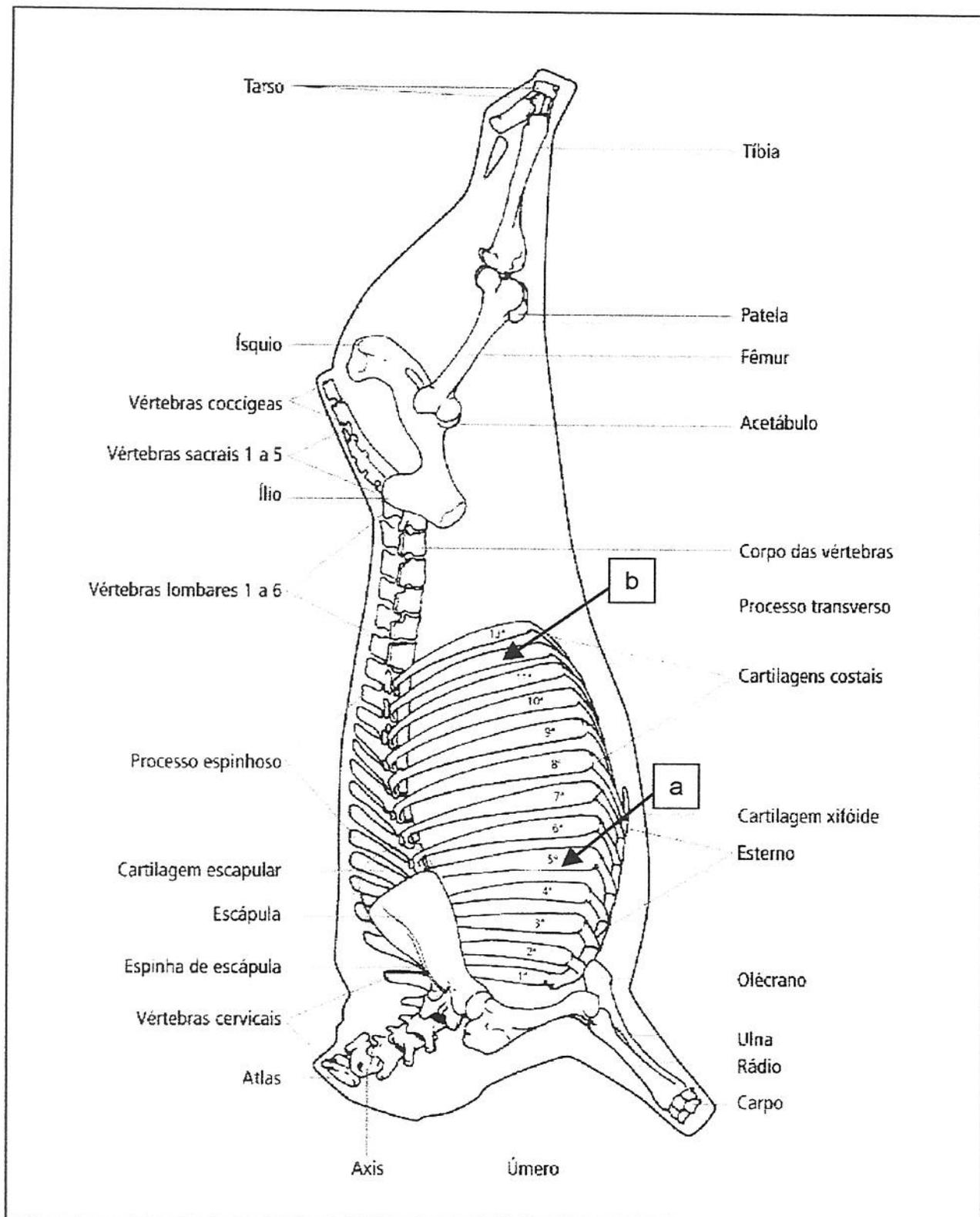


Figura 4. Estrutura óssea da carcaça bovina. Localização da 5ª e 12ª costela (indicadas pelas setas a e b, respetivamente).

Todos os cortes foram trabalhados de acordo ao procedimento padrão da empresa segundo o tipo de exportação à Alemanha, cujas características podem ser observadas nas figuras 5 a 14. Cada um deles foi pesado para conhecer o rendimento em cortes do quarto traseiro especial. Ressalte-se que o miolo de alcatra, maminha e picanha foram considerados como um corte só (alcatra), igual que o contrafilé lombar e torácico (contrafilé).

Como parte das restrições da presente pesquisa, resulta importante ressaltar aqui que na maioria dos cortes utilizados foi realizada uma acentuada separação de tecido conectivo, gordura subcutânea e retalhos, especialmente se comparada à habitualmente efetuada nos mesmos cortes quando destinados a outros mercados. Fato que, certamente, pôde influir nos resultados.

### 3.3 SEPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Antes da desossa de cada contrafilé foi separada uma seção transversal deste corte, de aproximadamente 2,5 cm de espessura, à altura da 12<sup>a</sup> costela. Esta seção foi, mais tarde, fotografada e a sua área de olho de lombo decalcada sobre papel de acetato para, finalmente, ser medida com planímetro. O peso de cada amostra não foi considerado no peso total do corte contrafilé.



Figura 5. Coxão mole. Aspecto do corte e localização na carcaça.



Figura 6. Coxão duro. Aspecto do corte e localização na carcaça.

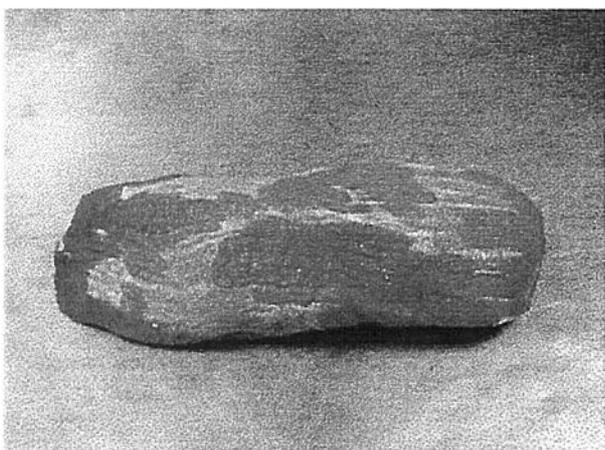


Figura 7. Lagarto. Aspecto do corte e localização na carcaça.

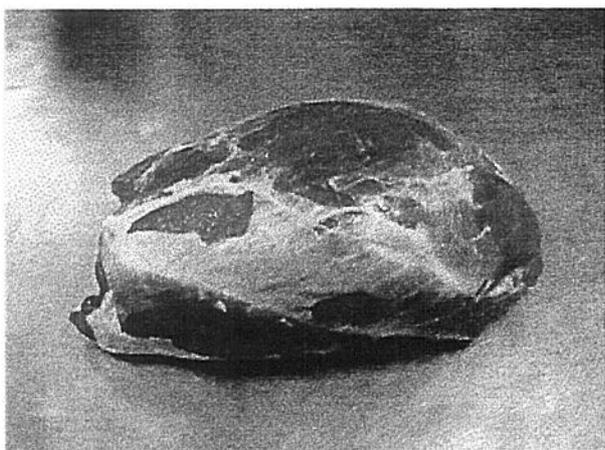


Figura 8. Patinho. Aspecto do corte e localização na carcaça.



Figura 9. Miolo de alcatra. Aspecto do corte e localização na carcaça.



Figura 10. Picanha. Aspecto do corte e localização na carcaça.



Figura 11. Maminha. Aspecto do corte e localização na carcaça.

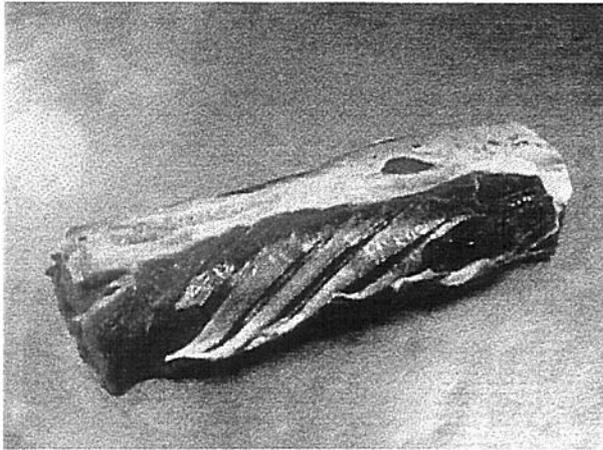


Figura 12. Contrafilé torácico. Aspecto do corte. A localização na carcaça inclui o contrafilé torácico e lombar.

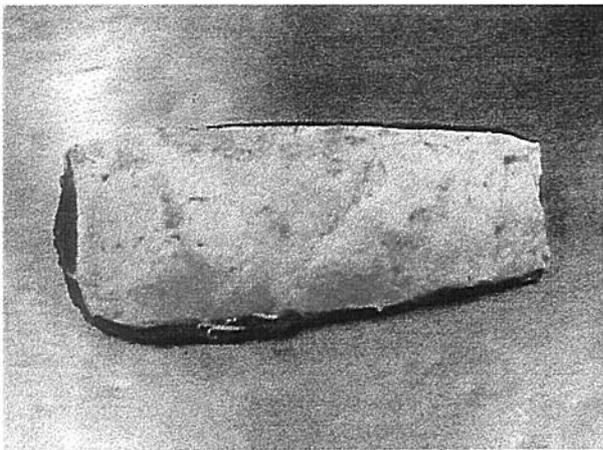


Figura 13. Contrafilé lombar. Aspecto do corte.



Figura 14. Filé mignon. Aspecto do corte e localização na carcaça.

### 3.4 ANÁLISE DAS IMAGENS DIGITAIS

#### 3.4.1 OBTENÇÃO DAS IMAGENS

Após a separação da seção do contrafilé na 12<sup>a</sup> costela foram capturadas imagens usando uma câmera fotográfica digital marca Sony®, modelo MVC-FD71. De algumas delas foram obtidas imagens em duplicata para efetuar o teste de repetibilidade do sistema. Cada amostra colocou-se sobre uma superfície preta anti-reflectante para conseguir um bom contraste da imagem e foi iluminada por dois refletores equipados com lâmpadas halógenas de tungstênio marca FLC, 150W cada uma, localizados nos lados opostos da superfície do contrafilé à aproximadamente 75 cm do centro (figura 15). A imagem obtinha-se com a câmera mantida perpendicularmente à amostra e a uma altura apenas superior à linha horizontal dos refletores.

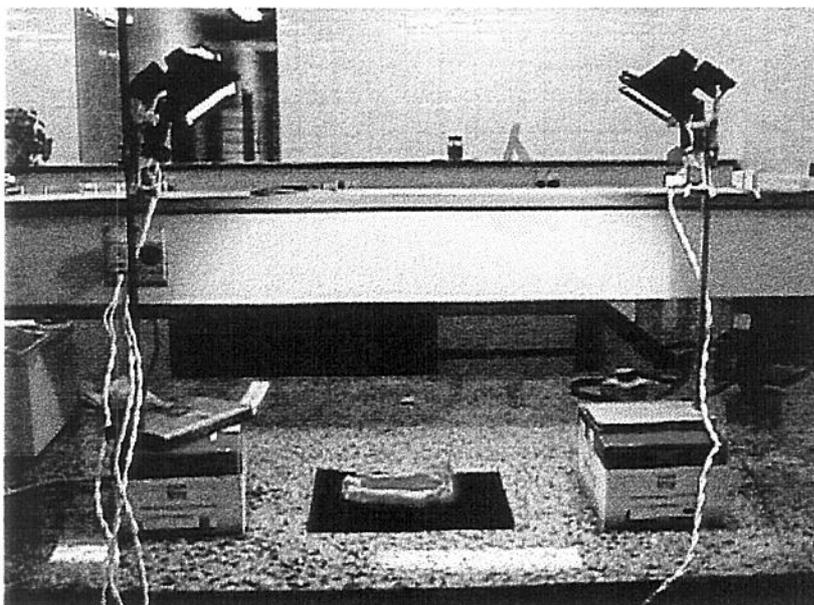


Figura 15. Sistema de iluminação para obtenção de imagens.

O emprego de uma área de referência de 4 cm<sup>2</sup>, colada na superfície preta anti-reflectante e ao lado do objeto, evitou os cuidados de manter sempre a mesma focalização e distância entre a amostra e a câmera fotográfica. As imagens digitais, colhidas num disquete 3,5", foram transladadas a um computador marca Acer Aspire™, processador Pentium® Intel MMX™.

### 3.4.2 PROCESSAMENTO

As imagens capturadas foram analisadas dentro do ambiente MATLAB usando a TOOLBOX de morfologia matemática (Barrera et al., 1998) desenvolvida pelo Prof. Dr. Roberto Lotufo, da Faculdade de Engenharia Elétrica (UNICAMP). Usando as ferramentas mencionadas o Dr. Lotufo e o Físico Eduardo Tinois, do Centro de Engenharia Biomédica (UNICAMP), criaram o programa para análise da imagem e extração dos parâmetros. A segmentação de cada imagem, para avaliação das variáveis selecionadas, envolve uma seqüência de passos que pode ser visualizada, de forma resumida, nas figuras 16 a 22.

A segmentação corresponde à determinação dos diferentes componentes da imagem. Para tanto, deve-se ter diferentes cores em imagens coloridas ou diferentes intensidades de luminosidade em imagens preto e branco. De qualquer forma, o contraste é a base da segmentação. Assim coloca-se a amostra sobre um fundo negro absorvedor da luz, com o objetivo de se obter boa diferenciação entre o fundo e a amostra.

O passo seguinte consiste em diferenciar os componentes da imagem a partir de suas características. Para a diferenciação decompõem-se a imagem colorida em seus componentes vermelho, verde e azul e obtém-se uma imagem em preto e branco formada pela média das imagens componentes verde e azul. Neste caso a região correspondente ao olho de lombo aparece escura em relação à gordura, por apresentar o vermelho como componente predominante.

As classes a serem identificadas são: carne (AOL), gordura (EG), fundo (negro), área padrão. A segmentação utiliza o método Watershed (Beucher & Meyer, 1993). Um pré-processamento inicial é feito com a operação de abertura morfológica para redução de ruídos. Em seguida é calculada a imagem gradiente da imagem suavizada (Jain, 1989) para ser utilizada como parâmetro de entrada para o Watershed. Colocando um marcador sobre o olho de lombo, outro sobre a gordura e outro no fundo, tem-se como resultado do Watershed, uma imagem onde cada componente desejado (olho de lombo, gordura e fundo) é delineado.

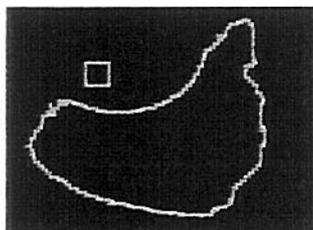
No cálculo dos parâmetros escolhidos e para contornar problemas advindos com a posição relativa da câmera fotográfica em relação à amostra, um quadrado de área (A.Q.), previamente determinada, deve ser colado ao fundo preto para servir como calibrador da área do pixel em cada imagem. Uma vez diferenciado na imagem calcula-se a área do pixel (A.P.) através da equação seguinte:  $A.P. = (A.Q. / N.P.)$ , onde N.P. é o número de pixels contido no quadrado. Também pode-se medir o comprimento do lado do pixel (L.P.), uma vez que o pixel é um quadrado, através da equação:  $L.P. = (A.P.)^{1/2}$ . Finalmente, calculam-se os parâmetros desejados.

### 3.4.3 PARÂMETROS AVALIADOS

Segundo o procedimento descrito foram medidos os seguintes parâmetros partindo da imagem digital:

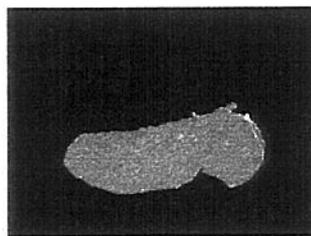
#### Área total do contrafilé (ATCVIA)

Representa a área da seção do contrafilé (cm<sup>2</sup>) e inclui gordura, carne e osso. Para sua determinação, contabiliza-se o número de pixels correspondente à amostra e multiplica-se este número por A.P. (Ver figura abaixo e figura 19)



#### Área do olho de lombo (AOLVIA)

Compreende a área de carne correspondente ao músculo *L. dorsi* da amostra (cm<sup>2</sup>). Contabiliza-se o número de pixels correspondente à área e multiplica-se por A.P. (Ver figura abaixo do contrafilé sem o olho de lombo e o olho de lombo e a figura 20).

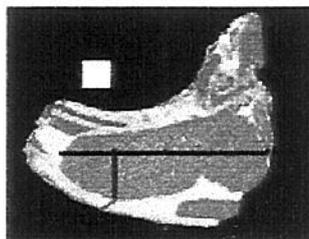


### Porcentagem da área do olho de lombo (AOLVIA%)

Corresponde à relação entre a área do olho de lombo (AOLVIA) e a área total do contrafilé (ATCVIA).

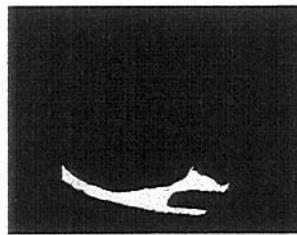
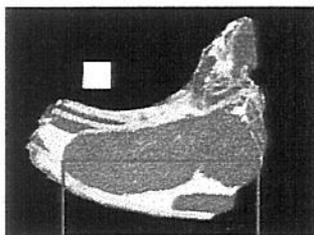
### Espessura da gordura (EGVIA)

Segundo descrito por Felicio et al. (1979), foi medida a espessura da capa da gordura (mm) na parte exterior, perpendicularmente ao músculo, num ponto localizado a 3/4 da distância do eixo maior da seção, no sentido das vértebras para as costelas. Para isto, uma subrotina foi desenvolvida a fim de medir a espessura nesse ponto, contar o número de pixels correspondentes e multiplicar por L.P. (Ver figura abaixo).



### Área da gordura (AGVIA)

Determinada pela gordura localizada na parte inferior do eixo maior do olho de lombo e entre duas linhas tangenciais a este e paralelas entre si (cm<sup>2</sup>). Uma subrotina foi desenvolvida para tomar a área citada da capa da gordura. Em seguida o número de pixels contidos nesta região é contabilizado multiplicando-se por A.P. (Ver figura abaixo).



### Porcentagem da área da gordura (AGVIA%)

Corresponde à relação entre a área da gordura (AGVIA) e a área total do contrafilé (ATCVIA).

Figuras da seqüência do processo de segmentação da imagem digital (resumo).

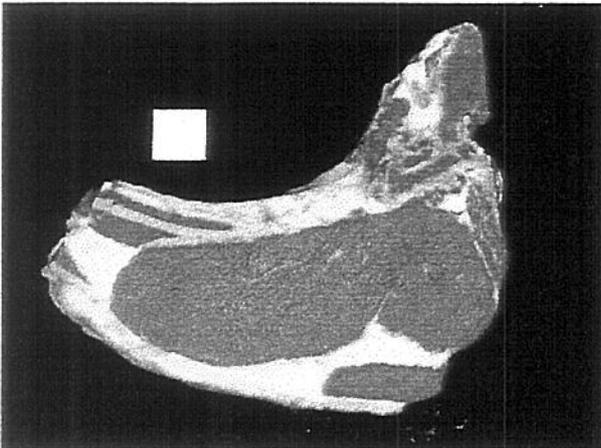


Figura 16. Imagem digital original.

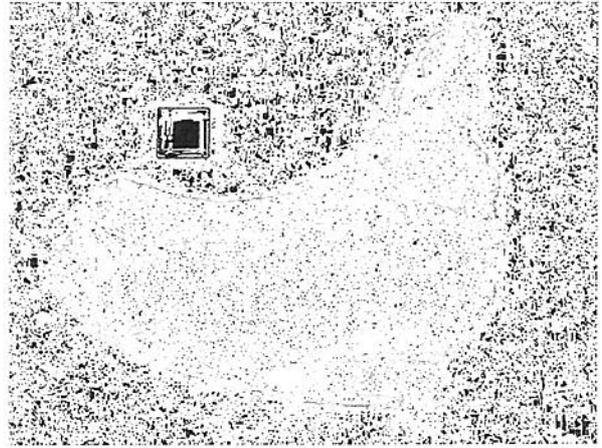


Figura 17. Imagem gradiente.

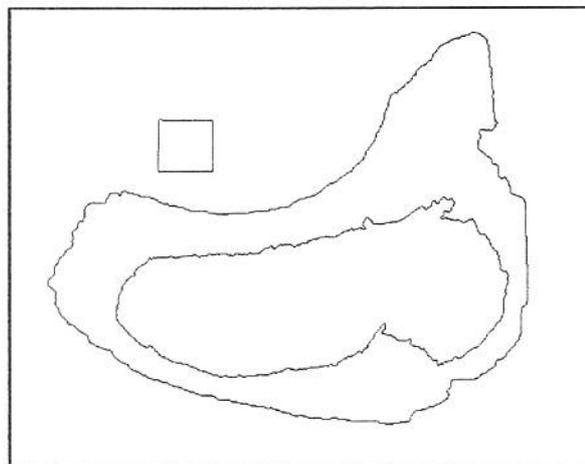


Figura 18. Resultado do Watershed.

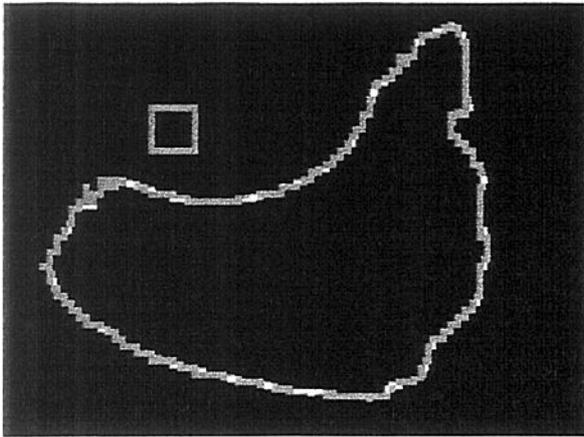


Figura 19. Área total do contrafilé.

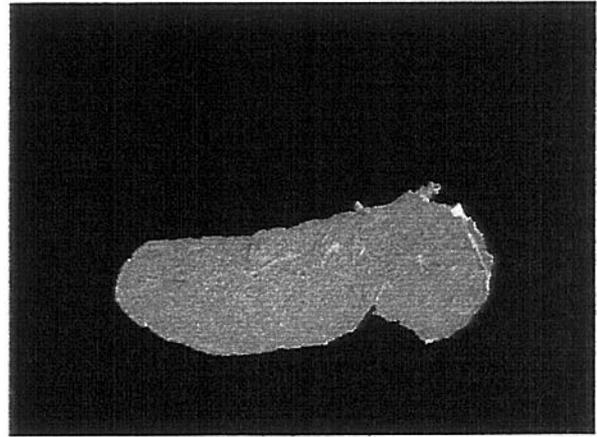


Figura 20. Área do olho de lombo.

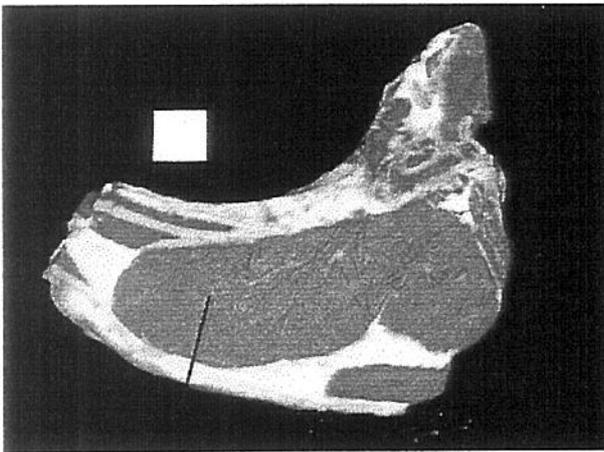


Figura 21. Espessura da gordura.

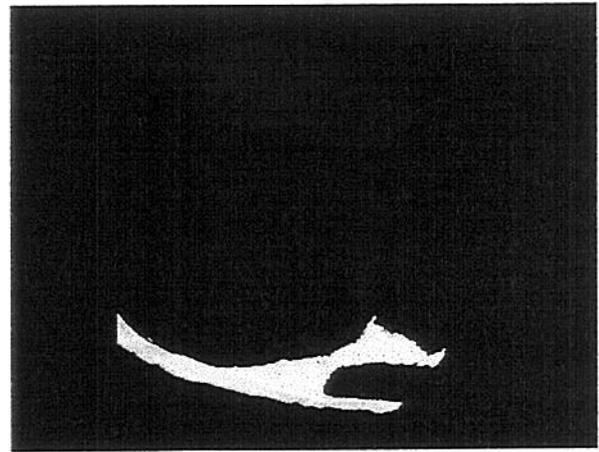


Figura 22. Área da gordura.

#### 4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o programa de computação SAS®(1985). Os gráficos apresentados foram elaborados com ajuda do programa STATÍSTICA (Statsoft, 1995). Calcularam-se os valores médios, seus correspondentes desvios padrões, valores máximos e mínimos para cada parâmetro e os coeficientes de correlação entre os pares de variáveis, com teste de significância ao nível  $\alpha=0,01$ .

Todos os parâmetros foram utilizados como potenciais variáveis independentes afim de desenvolver e selecionar as melhores equações de regressão linear para as estimativas de pesos e rendimentos estudadas. Estas equações foram avaliadas em função do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estatística Cp (Mallows, 1973; Macneil, 1983) e o quadrado médio dos erros (MSE). A replicata das imagens foi utilizada para testar a repetibilidade do sistema de análise de imagem digital.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

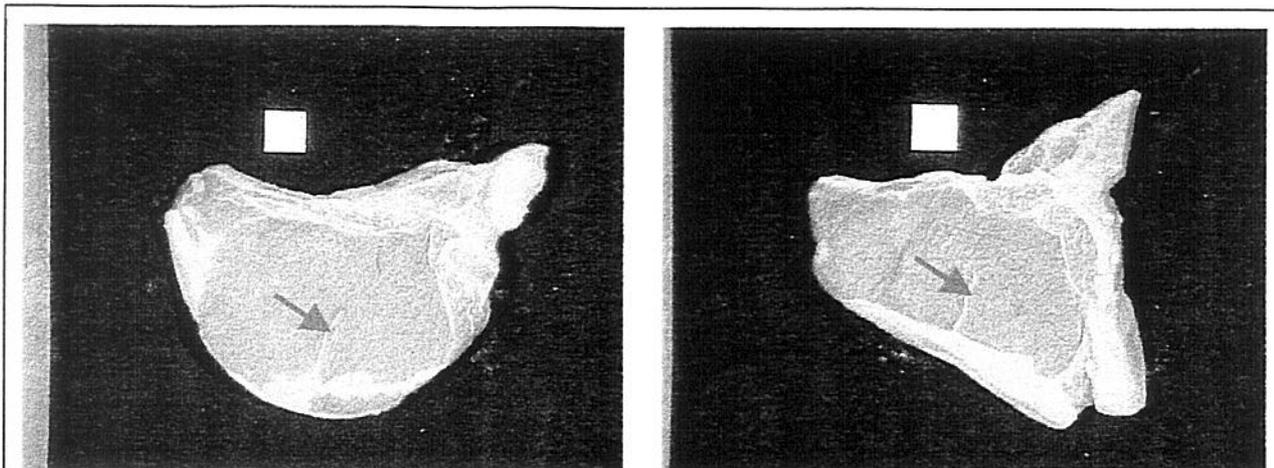
Com o objetivo de estimar o peso dos cortes do traseiro especial (CORTES), a porcentagem dos mesmos (CORTES%) e o peso individual de cada corte: coxão mole (CXMOLE), coxão duro (CXDURO), lagarto (LAG), patinho (PAT), alcatra (ALC), contrafilé (CONTR) e filé mignon (FILEM), foram utilizadas as seguintes características: peso da meia carcaça (MC), peso do traseiro especial (TE), peso do quarto dianteiro (QD), peso da ponta de agulha (PA), maturidade (MATUR) e área de olho de lombo (AOLPLAN), e os seguintes parâmetros determinados por análise de imagem digital: área total do contrafilé (ATCVIA), área do olho de lombo (AOLVIA), porcentagem da área do olho de lombo (AOLVIA%), espessura da gordura (EGVIA), área da gordura (AGVIA) e porcentagem da área da gordura (AGVIA%).

O processamento das imagens digitais, da seção do contrafilé de cada uma das meias carcaças estudadas, precisou de aproximadamente 25 a 30 minutos para a determinação de todos os parâmetros escolhidos. Algumas imagens apresentaram certa dificuldade para a segmentação correta da área de olho de lombo e para a quantificação da espessura da gordura (Figura 23). A presença de uma acentuada linha de tecido conectivo, no interior do músculo *Longissimus dorsi*, determinou em certas ocasiões uma incorreta segmentação dessa área devendo-se reprocessar a imagem.

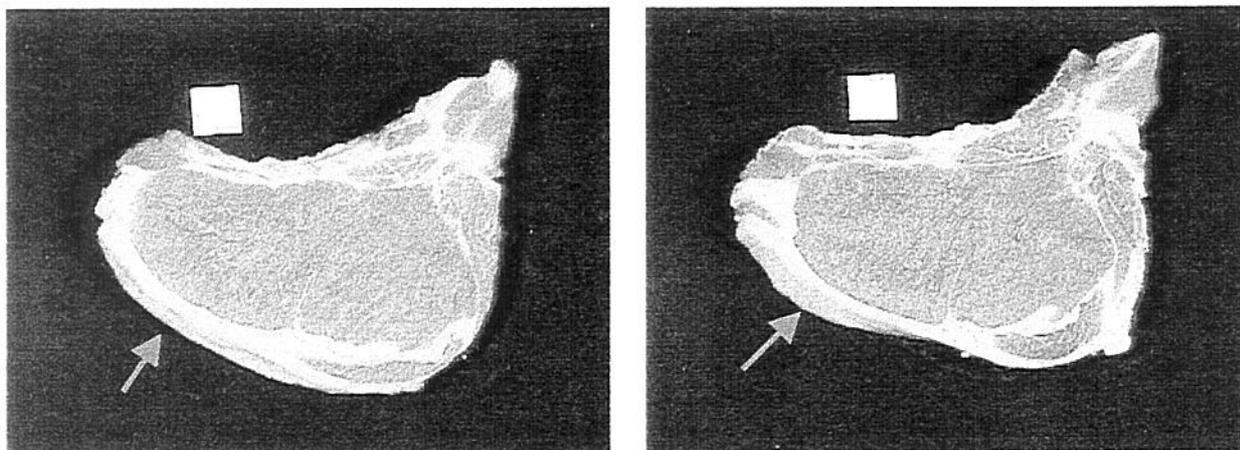
Também, a lateralidade (porção de área lateral que não pertence ao plano maior superficial da imagem digital) dificultou a determinação exata da espessura da gordura e, conseqüentemente, de todos os outros parâmetros VIA em algumas imagens (Figura 24). Ainda que no programa de processamento inclui-se uma sub-rotina para evitar problemas de inexatidão neste sentido, detectaram-se alguns valores supostamente inexatos, especialmente nos extremos quando a espessura era muito grande ou muito pequena.

Outros detalhes aos quais prestaram-se especial atenção durante a captação das imagens digitais, para evitar interferências durante a segmentação, foram: presença de partículas de carne e osso na superfície da amostra, condensação de umidade do ar sobre a

superfície gelada do contrafilé e redução ao mínimo possível da influência da luz solar, direta ou indireta.



Nestas duas imagens digitais as amostras apresentam uma marcada linha de tecido conectivo (sinalizadas pelas setas) que, algumas vezes, foi utilizada como linha de segmentação do olho de lombo pelo programa, devendo-se efetuar o reprocessamento das mesmas.



Nestas duas imagens digitais, as setas indicam a porção de gordura lateral, de cor diferente, que em certas ocasiões dificultou a medida da espessura da gordura, e portanto dos outros parâmetros determinados, mesmo que no programa de processamento inclui-se uma subrotina para eliminar esses possíveis defeitos.

Figura 23. Algumas imagens digitais que ofereceram dificuldades no processamento.

Descreve-se a seguir a análise estatística dos resultados obtidos, para as distintas características medidas, segundo as condições em que a presente pesquisa foi realizada. Esta análise compreende a determinação das estatísticas simples e histogramas de frequência para todas as variáveis dependentes e independentes, a determinação dos coeficientes de correlação entre os pares de variáveis e a seleção das melhores equações de regressão para a previsão do peso e rendimento de carcaças bovinas nos cortes totais e individuais do traseiro especial. Finalmente, é testada a repetibilidade do sistema de análise de imagem digital.

## 5.1 ESTATÍSTICAS SIMPLES E HISTOGRAMAS DE FREQUÊNCIAS

Na tabela 3 podem-se observar as médias, desvio padrão, valores mínimos e máximos dos parâmetros obtidos para todas as 51 meias carcaças de machos castrados bovinos anelados. A grande variabilidade que apresentaram os parâmetros medidos era esperada levando em consideração que a seleção das carcaças baseou-se principalmente na maturidade e no grau de gordura de cobertura, assim como determinado pelo Sistema de Inspeção Federal (SIF), visando obter a maior variação possível nas características potencialmente mais úteis para atingir os objetivos fixados.

É importante mencionar que, considerando os distintos pesos, maturidade, grau de acabamento, e dependendo de sua conformação, as meias carcaças escolhidas poderiam ser enquadradas na maioria dos diferentes tipos (B-R-A-S-I-L) correspondentes ao Sistema de Tipificação Brasileiro (tabela 2).

Nesse sentido, deve-se ressaltar que a pontuação correspondente ao grau de acabamento outorgado pelo SIF, para muitas carcaças, não representou a realidade quando comparada aos valores das medidas equivalentes, obtidas manualmente, em alguns casos, ou por meio de análise de imagem digital (parâmetro EGVIA). Ou seja, os escores de gordura de cobertura das carcaças (ver tabela 2) indicavam valores errados, maiores ou menores, para a espessura da gordura correspondente à 12<sup>a</sup> costela, nas faixas por eles representadas. Por exemplo, meias carcaças N<sup>o</sup>33 (grau de acabamento:3; espessura da

gordura:2mm), N<sup>o</sup>38 (grau de acabamento:4; espessura da gordura:15mm) e N<sup>o</sup>49 (grau de acabamento:4; espessura da gordura:5mm).

Na literatura encontram-se alguns trabalhos que mencionam o grau de acabamento (escore) como variável a ser incluída na determinação da porcentagem de cortes comerciais brasileiros e na porcentagem de carne aproveitável total (Felicio & Allen, 1981/1982), ou na equação de predição do rendimento de carcaças bovinas, utilizando medidas objetivas, como base de pagamento aos produtores (Borggaard et al., 1996). Resulta evidente, portanto, que quando a avaliação é feita de forma subjetiva sua exatidão dependerá muito da capacidade, treinamento e experiência do avaliador.

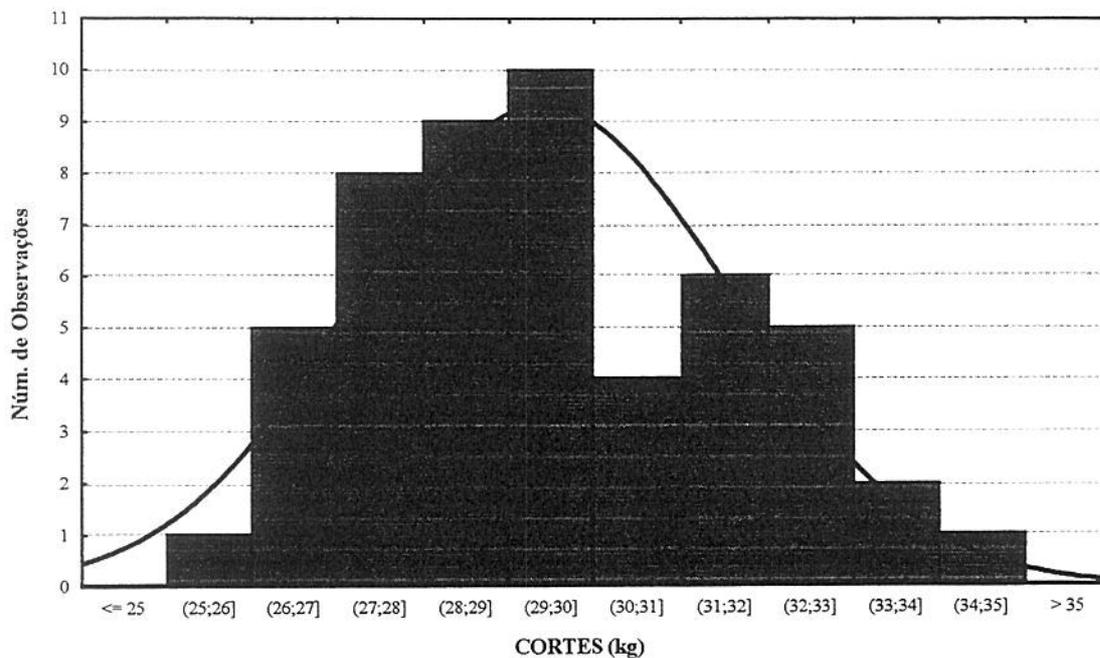
Alguns dos inconvenientes do Sistema de Tipificação de Carcaças Bovinas, atualmente vigente no Brasil, são abordados por Pardi et al. (1996). Assim, esta característica não foi utilizada como variável independente na previsão do peso e rendimento do traseiro especial.

As figuras 24 a 41 representam os histogramas de freqüências correspondentes aos valores dos parâmetros utilizados como variáveis dependentes e independentes na análise estatística. Todos parecem seguir uma distribuição de probabilidades de ocorrência de erros, em medições, normal ou gaussiana, descrevendo o comportamento de uma variável aleatória. Isto é, seus valores flutuam ao acaso e a freqüência de ocorrência desses valores está governada por uma distribuição de probabilidades (Barros Neto et al., 1996).

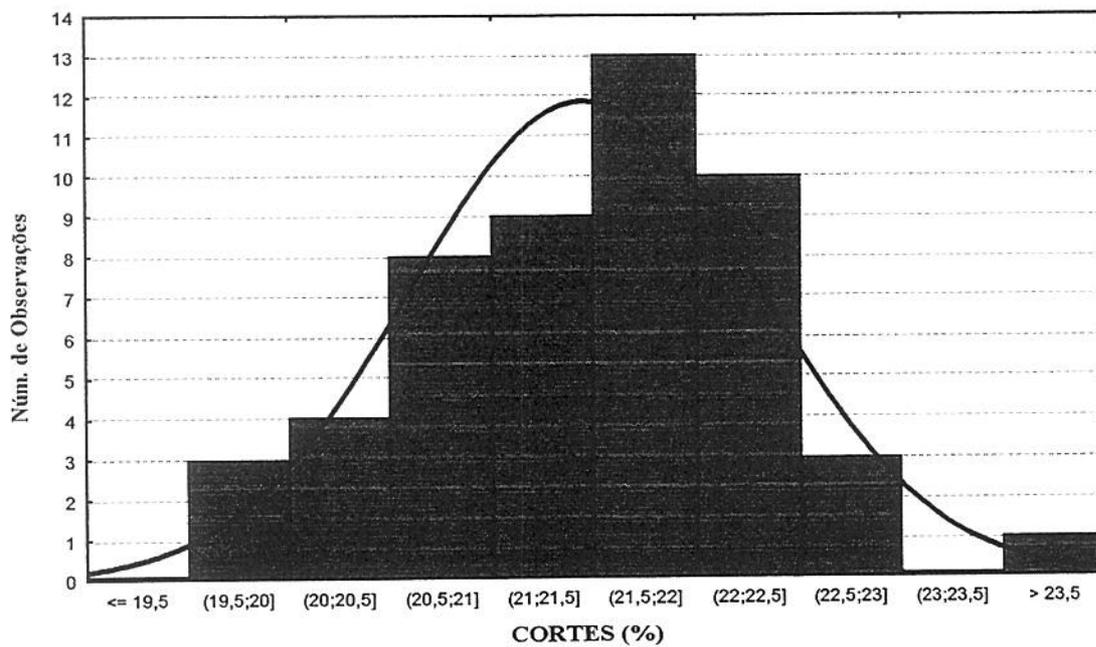
Tabela 3. Estatísticas descritivas das variáveis dependentes e independentes para as 51 meias carcaças.

VARIÁVEL <sup>(1)</sup>	N	MÉDIA	D. P.	MÍNIMO	MÁXIMO
<u>Variáveis dependentes:</u>					
<b>CORTES (kg)</b>	51	29,397	2,184	25,075	34,175
<b>CORTES%</b>	51	21,400	0,860	19,700	23,500
<b>CXMOLE (kg)</b>	51	5,617	0,419	4,455	6,360
<b>CXDURO (kg)</b>	51	3,186	0,303	2,515	3,780
<b>LAG (kg)</b>	51	2,355	0,278	1,865	3,375
<b>PAT (kg)</b>	51	4,981	0,431	4,030	5,795
<b>ALC (kg)</b>	51	5,411	0,586	4,370	6,435
<b>CONTR (kg)</b>	51	6,051	0,587	5,075	7,585
<b>FILEM (kg)</b>	51	1,811	0,214	1,350	2,320
<u>Variáveis independentes:</u>					
<b>MC (kg)</b>	51	137,321	12,702	119,400	165,600
<b>TE (kg)</b>	51	65,184	5,584	55,200	76,800
<b>QD (kg)</b>	51	52,427	5,064	45,600	71,200
<b>PA (kg)</b>	51	19,521	2,982	14,000	25,800
<b>MATUR (no. dentes)</b>	51	5,8	1,9	2	8
<b>AOLPLAN (cm<sup>2</sup>)</b>	51	67,3	7,7	48,4	84,9
<b>ATCVIA (cm<sup>2</sup>)</b>	51	156,2	11,7	127,0	195,1
<b>AOLVIA (cm<sup>2</sup>)</b>	51	71,0	9,5	52,0	97,3
<b>AOLVIA%</b>	51	45,4	4,8	33,9	56,1
<b>EGVIA (mm)</b>	51	5,6	3,0	1,0	17,0
<b>AGVIA (cm<sup>2</sup>)</b>	51	12,4	4,6	4,1	24,6
<b>AGVIA%</b>	51	7,9	2,9	2,4	16,2

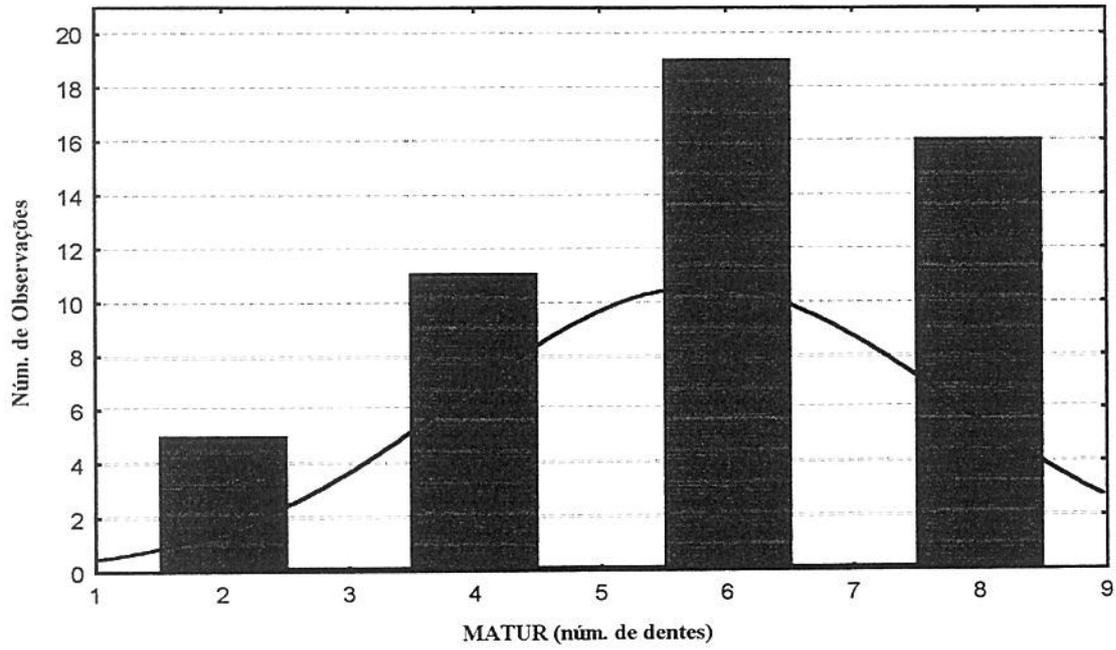
(1) CORTES: peso dos cortes do traseiro especial (kg). CORTES%: percentagem do peso dos cortes do traseiro especial referido ao peso da meia carcaça. MC: peso da meia carcaça (kg). TE: peso do traseiro especial (kg). QD: peso do quarto dianteiro (kg). PA: peso da ponta de agulha (kg). MATUR: maturidade das carcaças (núm. de dentes incisivos permanentes). AOLPLAN: área do olho de lombo, medida com planímetro (cm<sup>2</sup>). ATCVIA: área total do contrafilé, medida por análise de imagem digital (VIA, cm<sup>2</sup>). AOLVIA: área do olho de lombo, medida por VIA (cm<sup>2</sup>). AOLVIA(%): percentagem da área do olho de lombo referida a área total do contrafilé, medida por VIA. EGVIA: espessura da gordura do contrafilé medida por VIA (mm). AGVIA: área da gordura do contrafilé medida por VIA (cm<sup>2</sup>). AGVIA(%): percentagem da área da gordura referida a área total do contrafilé, medida por VIA. CXMOLE: peso do corte coxão mole (kg). CXDURO: peso do corte coxão duro (kg). LAG: peso do corte lagarto (kg). PAT: peso do corte patinho (kg). ALC: peso do corte alcatra (kg). CONTR: peso do corte contrafilé (kg). FILEM: peso do corte filé mignon (kg).



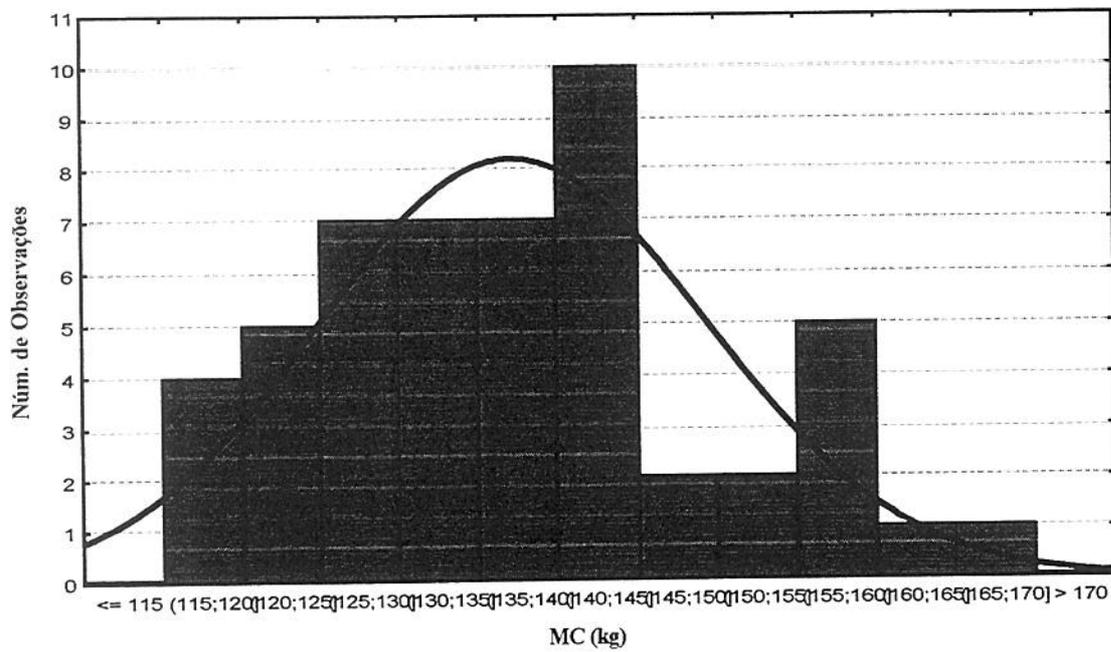
**FIGURA 24: Histograma de Freqüências do Peso dos Cortes do Traseiro Especial (kg) (N=51)**



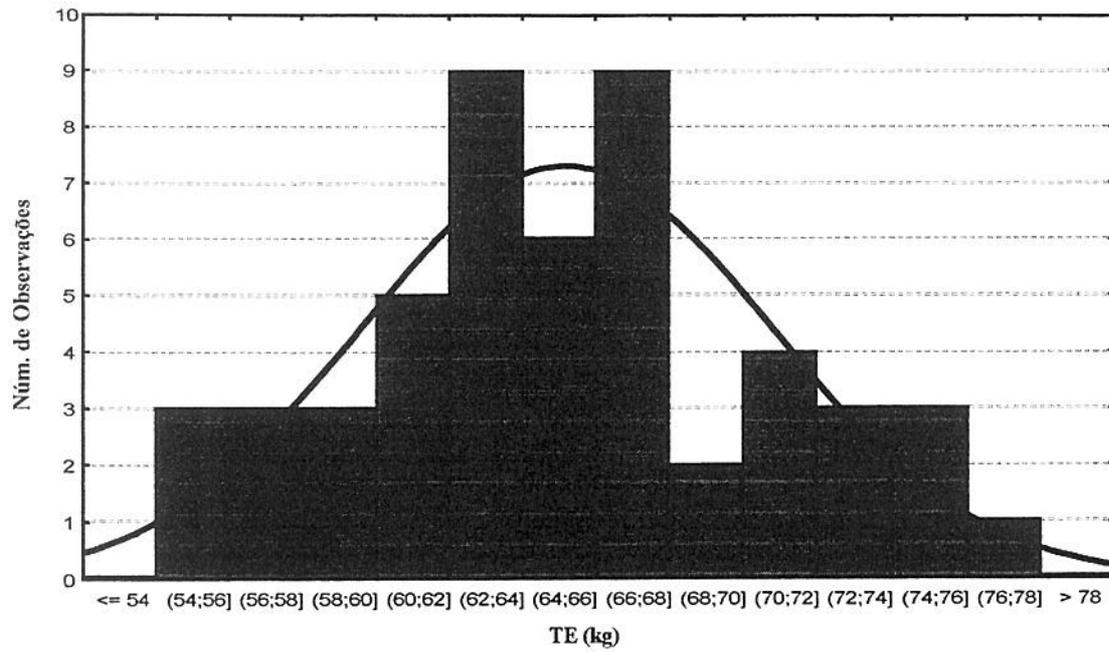
**FIGURA 25: Histograma de Freqüências da Porcentagem dos Cortes do Traseiro Especial (kg) (N=51)**



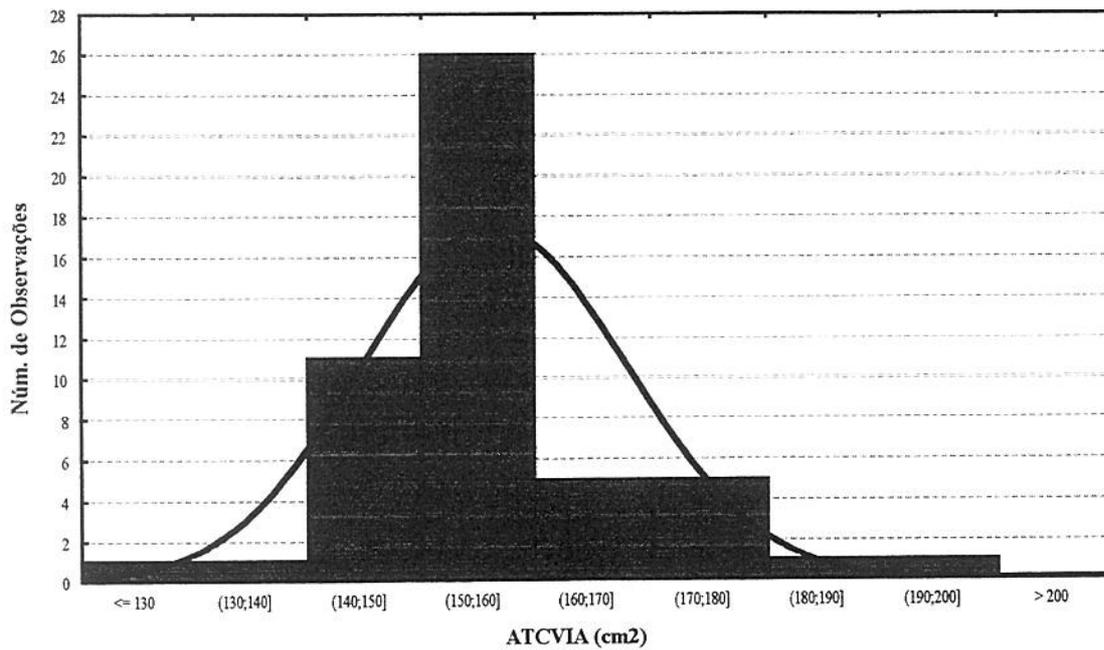
**FIGURA 26: Diagrama de Barras de Frequências da Maturidade das Carcaças (N=51)**



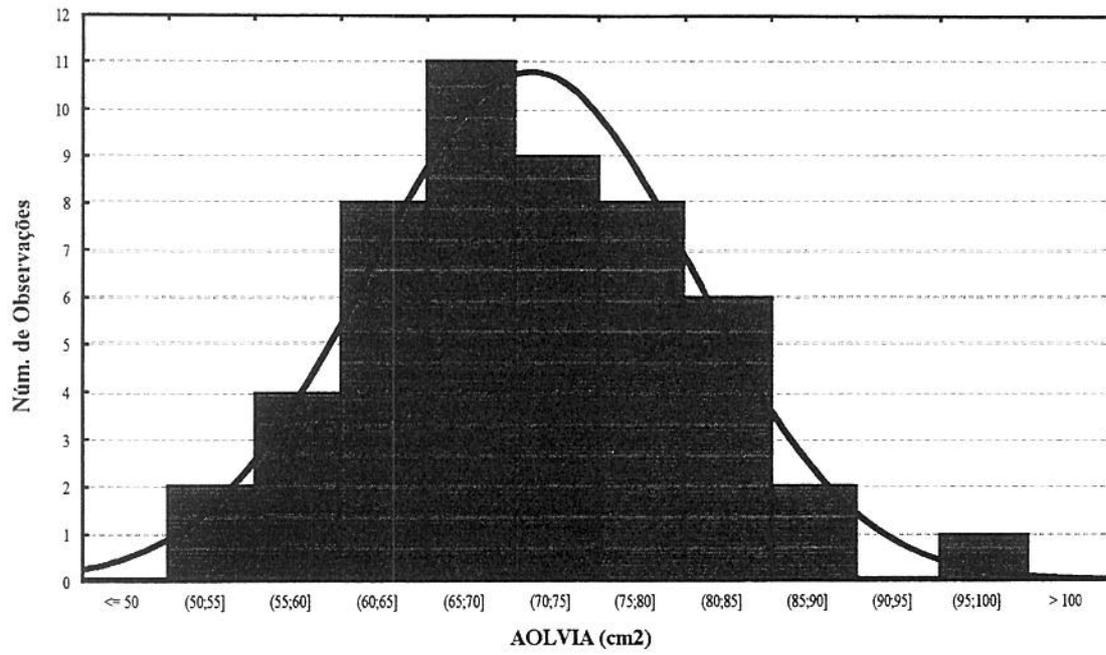
**FIGURA 27: Histograma de Frequências dos Pesos das Meia Carcaças (kg) (N=51)**



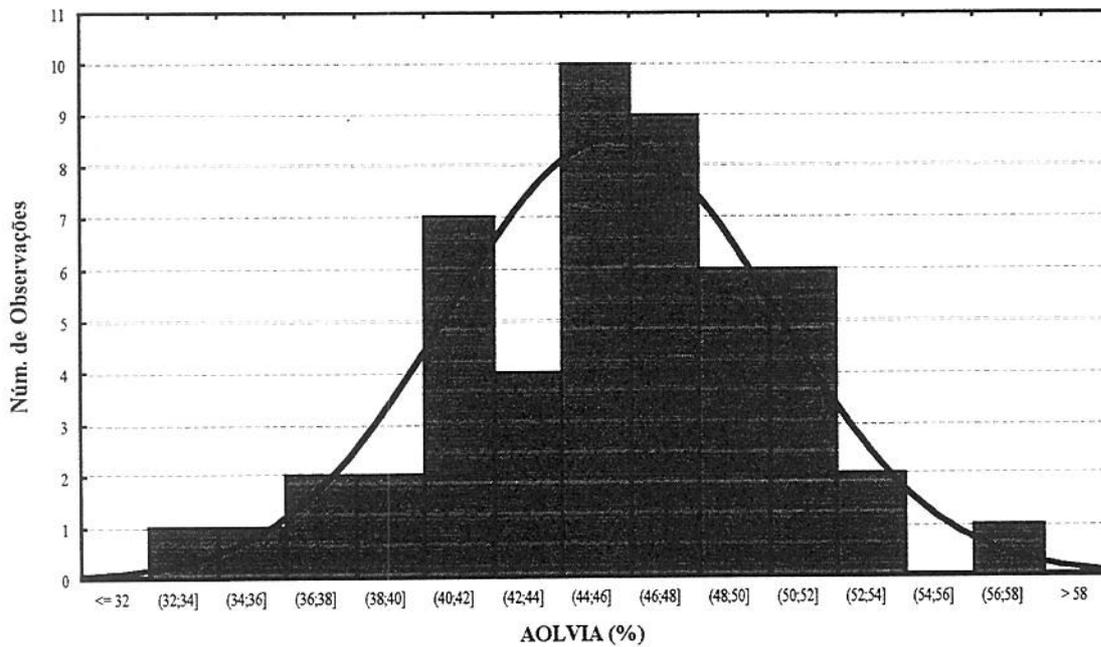
**FIGURA 28: Histograma de Frequências dos Pesos do Traseiro Especial (kg) (N=51)**



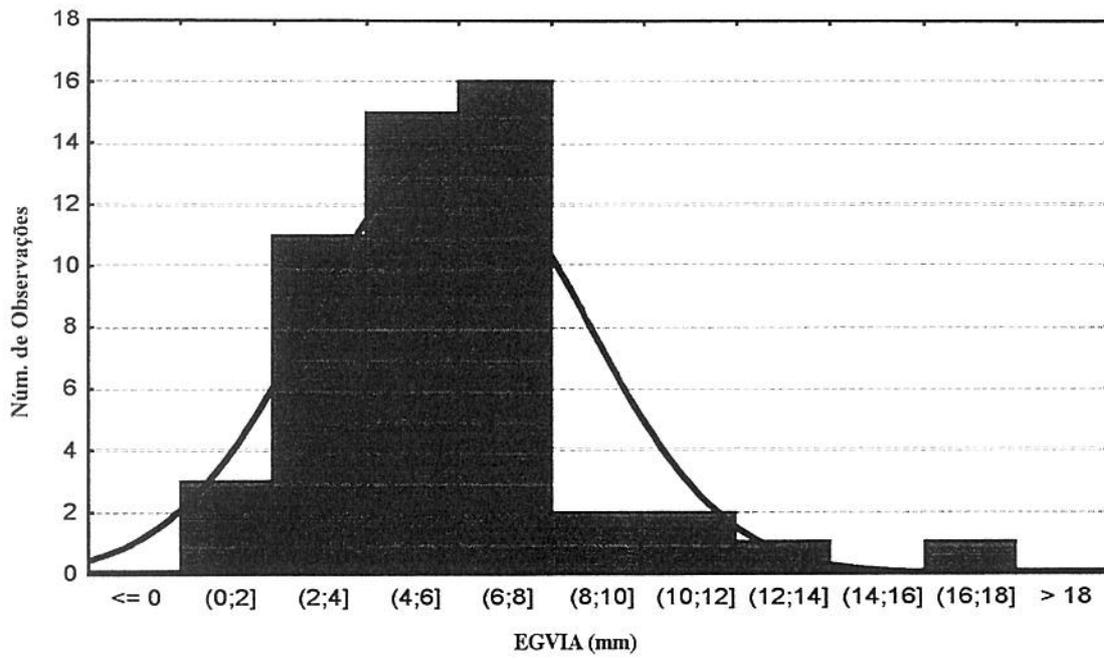
**FIGURA 29: Histograma de Frequências da Área Total do Contrafilé (medida por VIA, cm<sup>2</sup>) (N=51)**



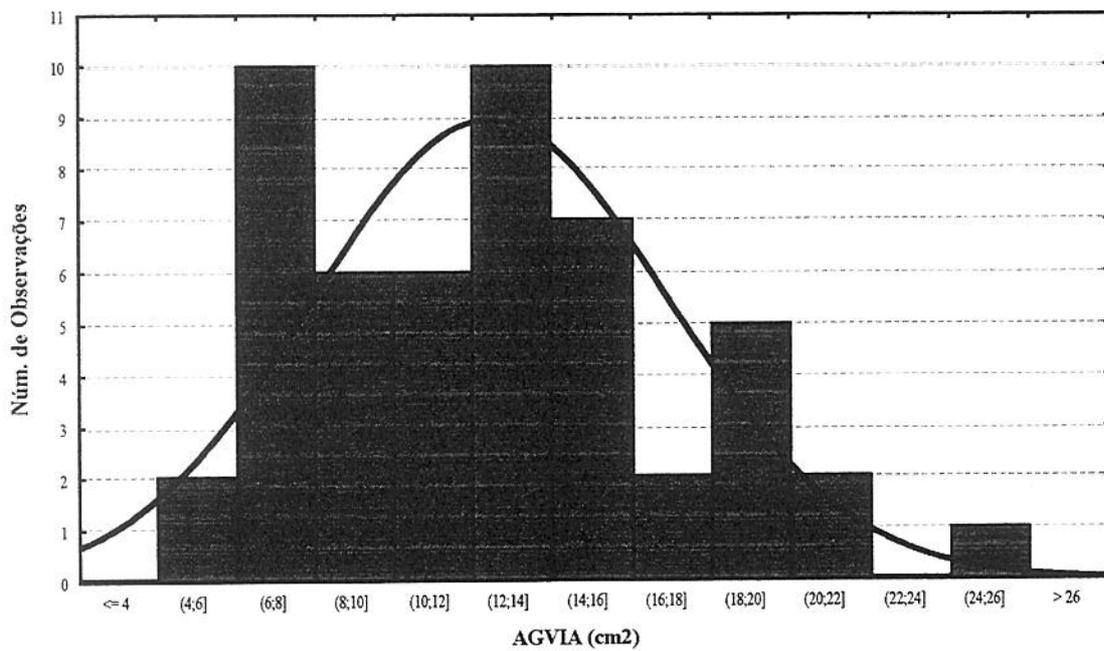
**FIGURA 30: Histograma de Frequências da Área do Olho de Lombo (medida por VIA, cm<sup>2</sup>) (N=51)**



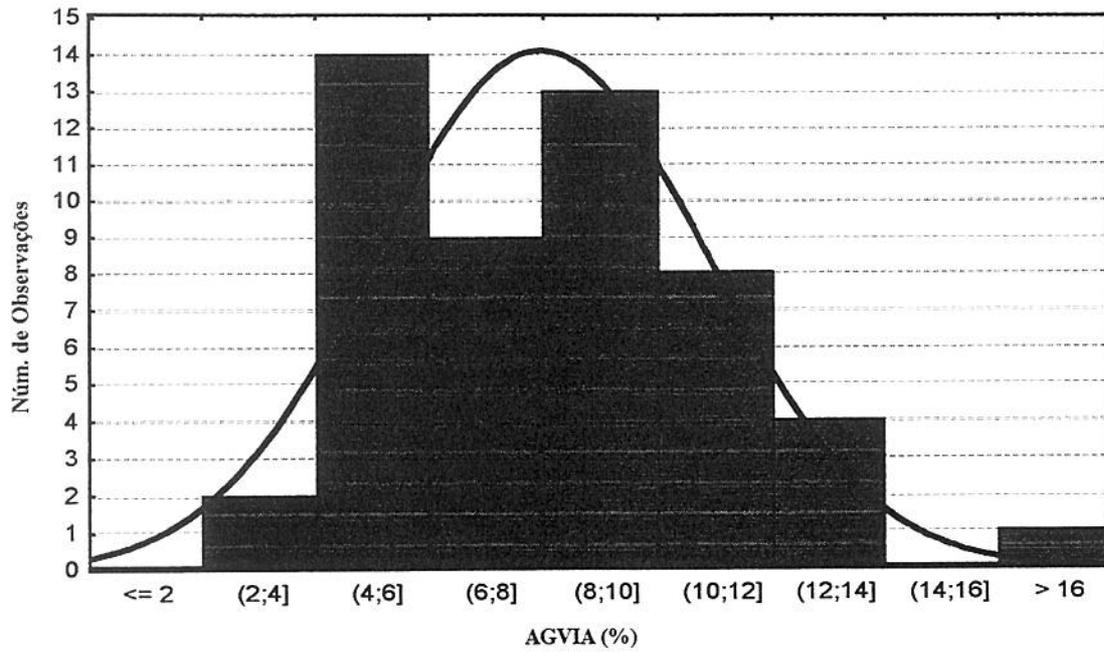
**FIGURA 31: Histograma de Frequências da Porcentagem da Área do Olho de Lombo (medida por VIA, cm<sup>2</sup>) (N=51)**



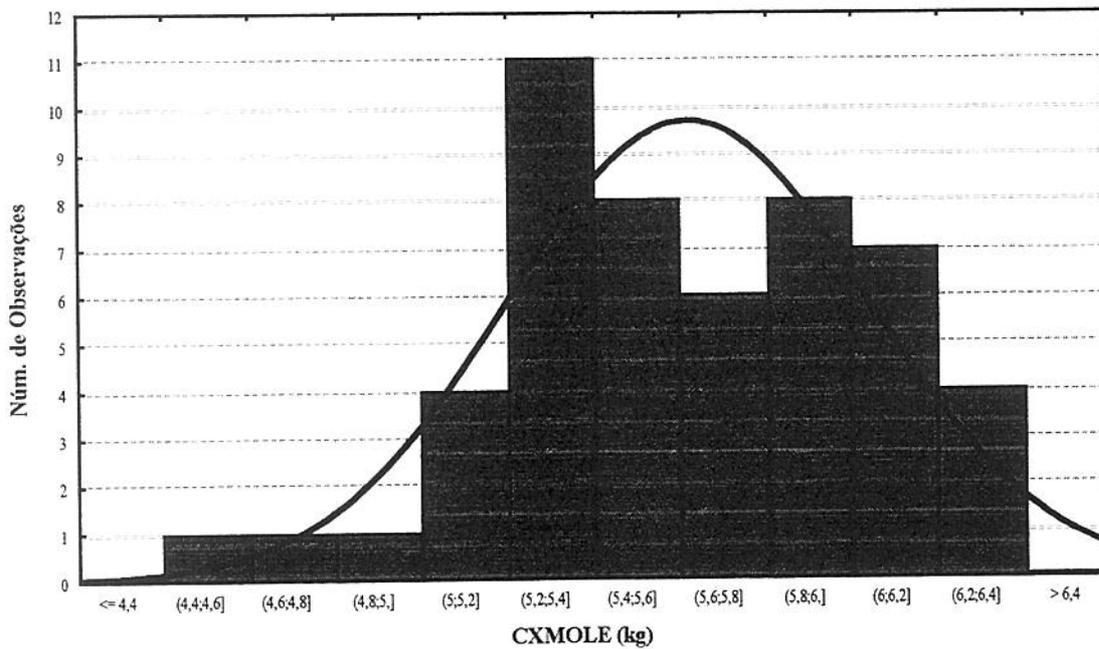
**FIGURA 32: Histograma de Freqüências da Espessura da Gordura (medida por VIA, mm) (N=51)**



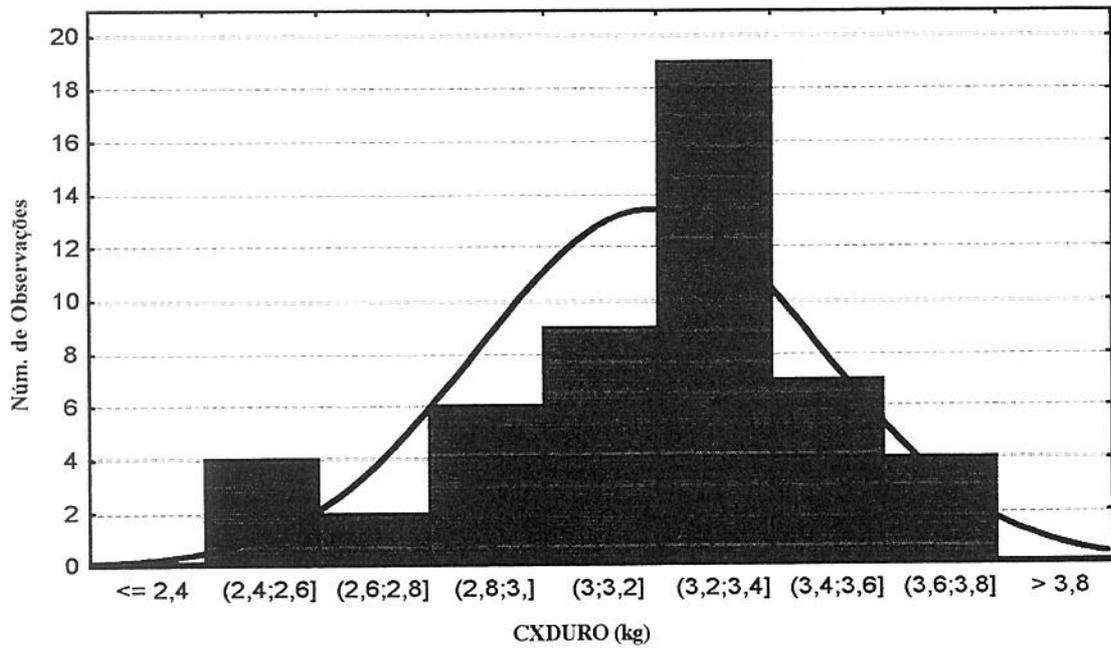
**FIGURA 33: Histograma de Freqüências da Área da Gordura (medida por VIA, cm²) (N=51)**



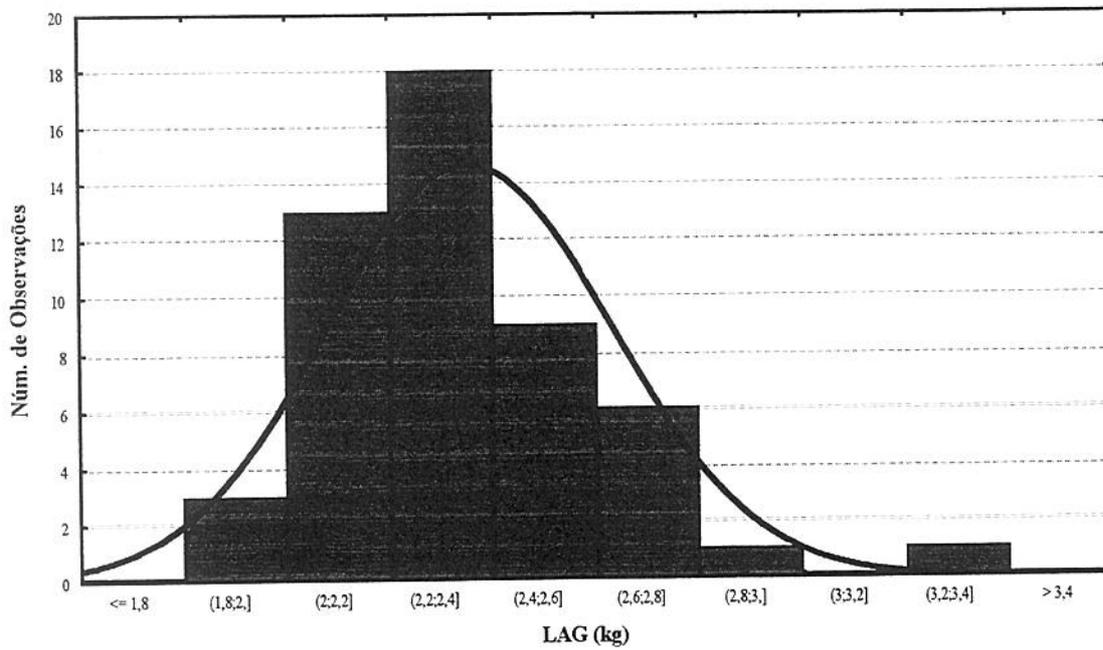
**FIGURA 34: Histograma de Frequências da Porcentagem da Área da Gordura (medida por VIA) (N=51)**



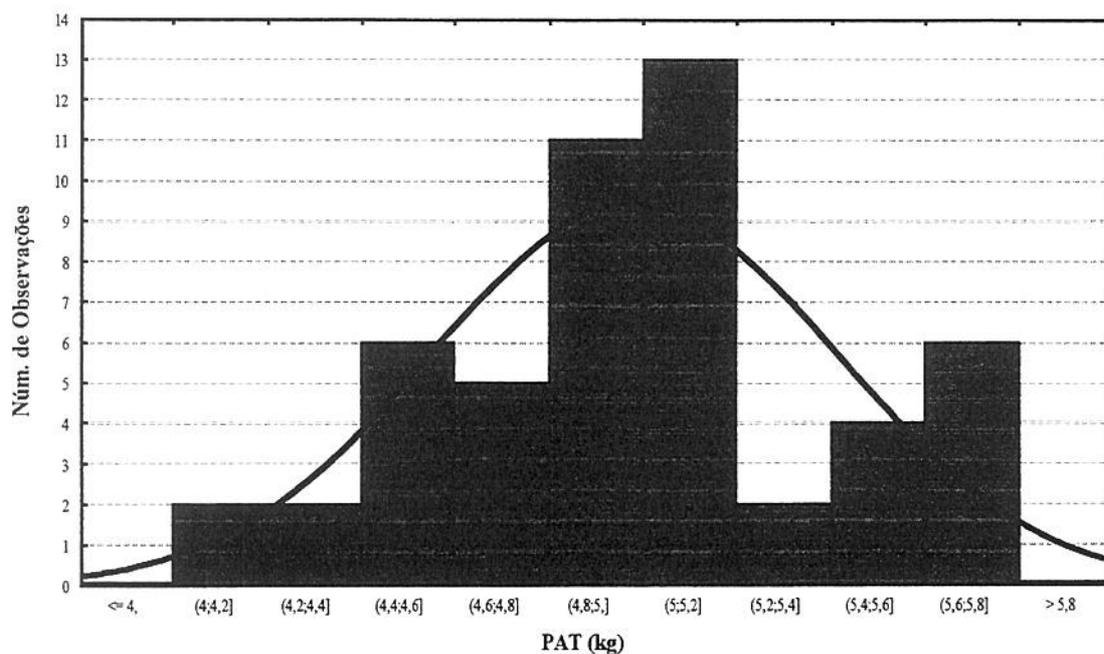
**FIGURA 35: Histograma de Frequências do Corte Coxão Mole (kg) (N=51)**



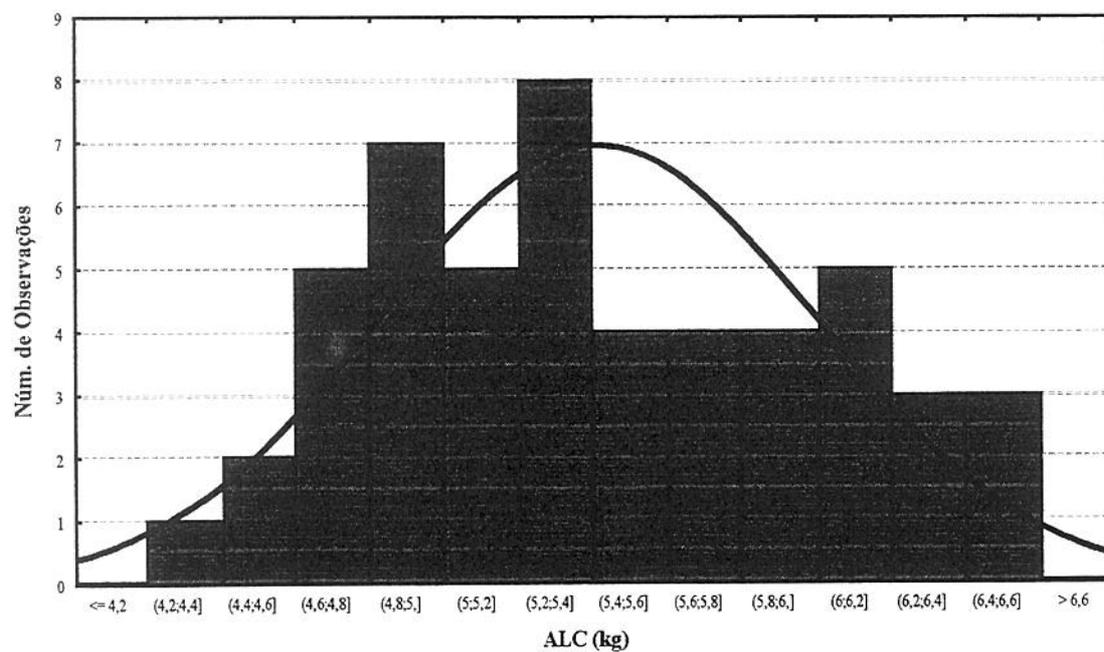
**FIGURA 36: Histograma de Frequências do Corte Coxão Duro (kg) (N=51)**



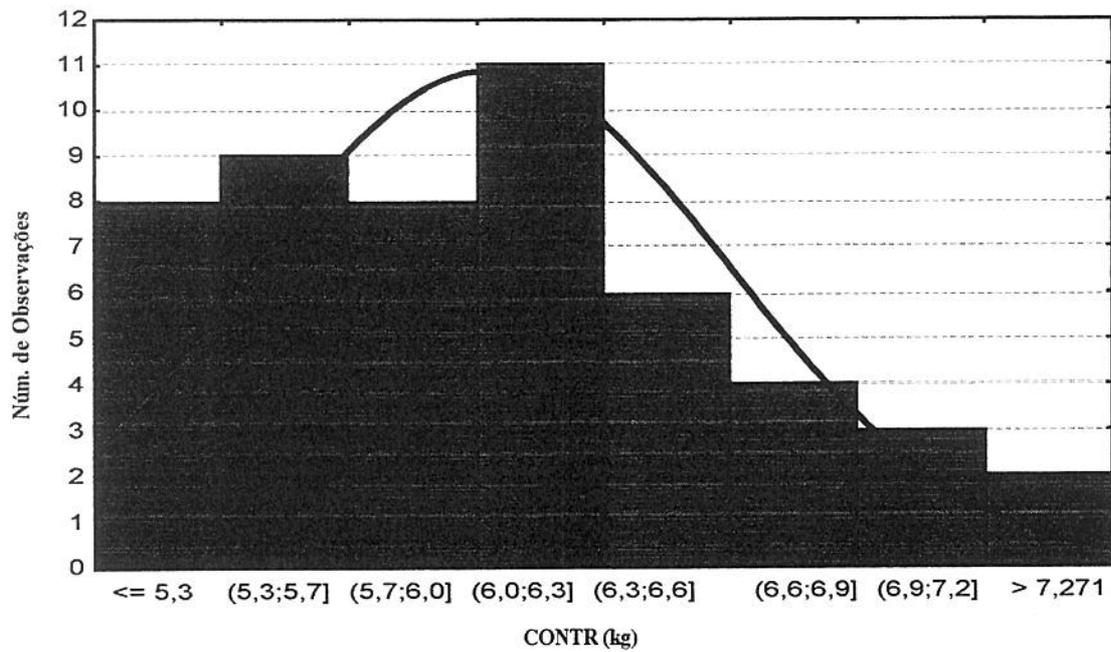
**FIGURA 37: Histograma de Frequências do Corte Lagarto (kg) (N=51)**



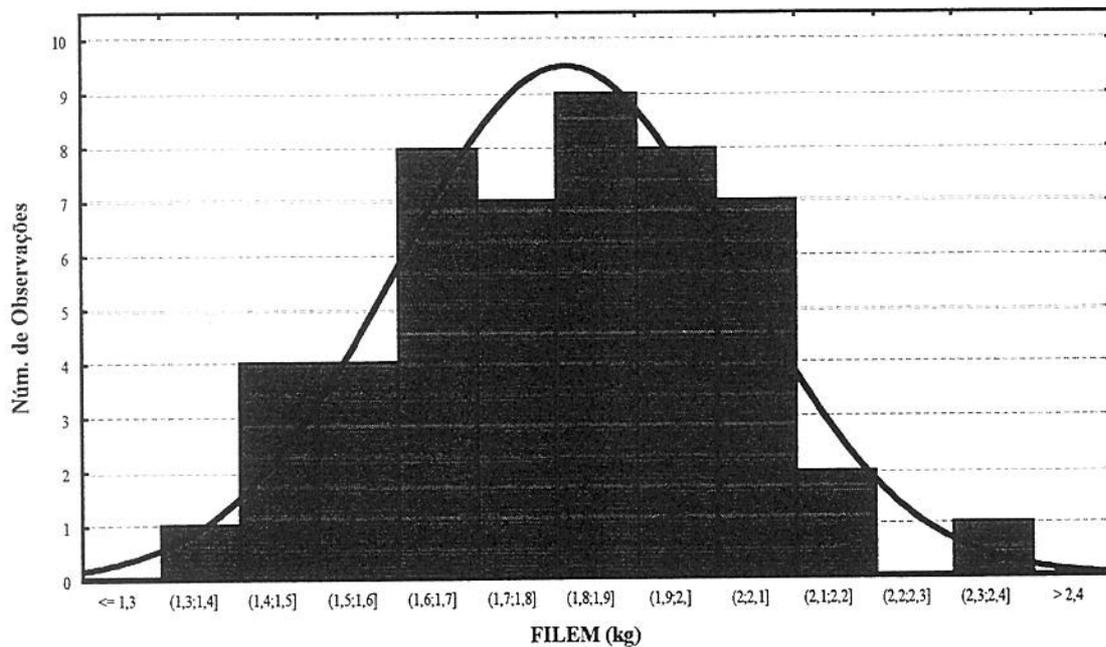
**FIGURA 38: Histograma de Freqüências do Corte Patinho (kg) (N=51)**



**FIGURA 39: Histograma de Freqüências do Corte Alcatra (kg) (N=51)**



**FIGURA 40: Histograma de Frequências do Corte Contrafilé (kg) (N=51)**



**FIGURA 41: Histograma de Frequências do Corte Filé Mignon (kg) (N=51)**

## 5.2 COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO

Na tabela 4 apresentam-se os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis dependentes e independentes utilizadas, com teste individual de significância ao nível de  $\alpha=0,01$ . Esse coeficiente de correlação é uma covariância normalizada que permite comparar o grau de associação estatística existente em diferentes pares de variáveis aleatórias. Ele mede a associação linear entre as observações de duas variáveis. Assim, coeficientes de correlação próximos de -1 ou de 1 sugerem uma forte associação linear entre as variáveis e coeficientes próximos de zero podem indicar ausência de associação linear, mas não necessariamente de outro tipo (Barros Neto et al., 1996).

A análise estatística das correlações permite detectar a variação conjunta das duas variáveis sem fazer supostos de causalidade. Porém, essa técnica deve ser complementada com outras quando existirem relações não lineares entre as variáveis (Bender et al., 1982).

Como era previsível, observa-se na tabela 4 que o peso dos cortes do traseiro especial (CORTES) tem uma elevada correlação positiva com o peso da meia carcaça (MC), traseiro especial (TE), quarto dianteiro (QD) e ponta de agulha (PA), sendo muito semelhantes e aparentemente maiores nos dois primeiros casos. Este parâmetro também apresentou correlação significativa ( $P<0,01$ ) com o peso de cada um dos cortes individuais analisados, mas não aprecia-se relacionamento importante com as variáveis VIA determinadas.

Uma segunda variável dependente analisada, a porcentagem dos cortes do traseiro especial (CORTES%), apresentou correlações negativas menores com o peso da meia carcaça (MC), quarto dianteiro (QD), ponta de agulha (PA) e traseiro especial (TE). Em todos os casos, o relacionamento foi significativo ( $P<0,01$ ).

Em qualquer caso, sempre é conveniente levar em consideração que as variáveis dependentes CORTES e CORTES% constituem uma "parte" do "todo" representado pelas variáveis independentes MC e TE. A significância das correlações, portanto, deve ser cuidadosamente analisadas nestes casos.

Uma baixa relação negativa ( $r=-0,11$ ) entre a porcentagem de carne magra dos cortes primários e o peso da carcaça quente foi mencionada por Wassenberg et al. (1.986). Características similares são indicadas por Shackelford et al. (1.995) na correlação entre o rendimento de carne comercializável (%) e o peso da carcaça quente ( $r=-0,17$ ). Já, CROSS et al. (1.983) indicaram uma correlação de 0,27 entre a porcentagem de carne magra da 9-10-11<sup>a</sup> costela e o peso da carcaça quente.

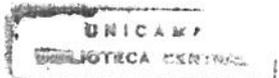
A porcentagem dos cortes (CORTES%), em geral, também apresentou correlação não significativa ( $P<0,01$ ) com os parâmetros VIA e com o peso de cada um dos cortes individuais do traseiro especial (exceto o corte filé mignon).

Os parâmetros medidos por VIA tiveram, em alguns casos, correlações estatisticamente significativas ( $P<0,01$ ): área total do contrafilé e área do olho de lombo ( $r=0,62$ ), área e porcentagem do olho de lombo ( $r=0,82$ ), espessura e área da gordura ( $r=0,59$ ), espessura e porcentagem da área da gordura ( $r=0,59$ ) e área da gordura e porcentagem da área da gordura ( $r=0,98$ ). Wassenberg et al. (1.986) determinaram por VIA a área de carne magra do contrafilé, no lugar da área de olho de lombo, e acharam correlações similares (área total do contrafilé/área de carne magra,  $r=0,62$ ), menores em alguns casos (área da gordura/porcentagem da área da gordura,  $r=0,89$ ; área da carne magra/porcentagem da área da carne magra,  $r=0,53$ ) e maiores em outros (espessura da gordura/área da gordura,  $r=0,65$ ; espessura da gordura/porcentagem da área da gordura,  $r=0,68$ ).

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson entre os pares de variáveis (os valores em negrito correspondem a correlações estatisticamente significativas segundo teste individual ao nível de  $\alpha=0,01$ ;  $N=51$ ).

	CORTES	MC.	T.E.	Q.D.	PA.	MAT	AOLP	ATCV	AOLV	AOLV%	EGV	AGV	AGV%	CXMOLE	CXDURO	LAG	PAT	ALC	CONTR	FILEM	
CORTES%	0,21																				
CORTES		-0,61	-0,46	-0,62	-0,55	-0,24	0,05	0,08	0,24	0,24	-0,12	-0,25	-0,27	0,08	-0,22	-0,04	-0,21	-0,23	-0,23	-0,37	
MC.			0,92	0,77	0,74	0,33	0,05	0,00	-0,17	-0,22	-0,04	-0,16	-0,15	0,74	0,67	0,71	0,83	0,89	0,73	0,70	
T.E.				0,90	0,84	0,36	0,03	-0,04	-0,23	-0,28	0,01	-0,03	-0,02	0,68	0,63	0,59	0,77	0,83	0,68	0,73	
Q.D.					0,77	0,39	-0,05	0,00	-0,27	-0,35	0,00	-0,03	-0,03	0,60	0,70	0,61	0,85	0,84	0,64	0,71	
P.A.						0,13	0,11	-0,14	-0,16	-0,11	0,03	-0,07	-0,04	0,50	0,53	0,56	0,64	0,65	0,62	0,62	
MATUR							-0,10	0,05	-0,35	-0,50	0,08	0,10	0,09	0,43	0,48	0,36	0,58	0,76	0,60	0,68	
AOLPLAN							0,02	0,21	0,03	-0,11	-0,16	-0,05	-0,03	0,01	0,48	0,14	0,23	0,24	0,38	0,47	
ATCVMA								0,36	0,70	0,64	-0,24	-0,35	-0,43	0,11	0,00	0,14	-0,09	-0,05	0,21	-0,03	
AOLVA%									0,62	0,05	0,05	0,13	-0,08	-0,11	0,00	0,02	-0,04	0,03	0,11	-0,08	
EGVA										0,82	-0,09	-0,18	-0,31	-0,10	-0,17	0,00	-0,27	-0,24	0,00	-0,24	
AGVA											-0,19	-0,33	-0,35	-0,05	-0,22	-0,02	-0,31	-0,33	-0,05	-0,24	
AGVA%												0,59	0,59	-0,04	-0,12	-0,01	-0,07	-0,03	0,04	-0,02	
CXMOLE													0,88	-0,22	-0,10	-0,13	-0,12	-0,07	-0,11	-0,04	
CXDURO														-0,21	-0,09	-0,13	-0,11	-0,07	-0,12	-0,02	
LAGARTO														0,34	0,43	0,43	0,60	0,60	0,43	0,48	
PATINHO																0,47	0,64	0,52	0,35	0,53	
ALCATRA																	0,55	0,62	0,47	0,23	
CONTRAFILÉ																		0,70	0,40	0,59	
																			0,55	0,60	
																				0,42	

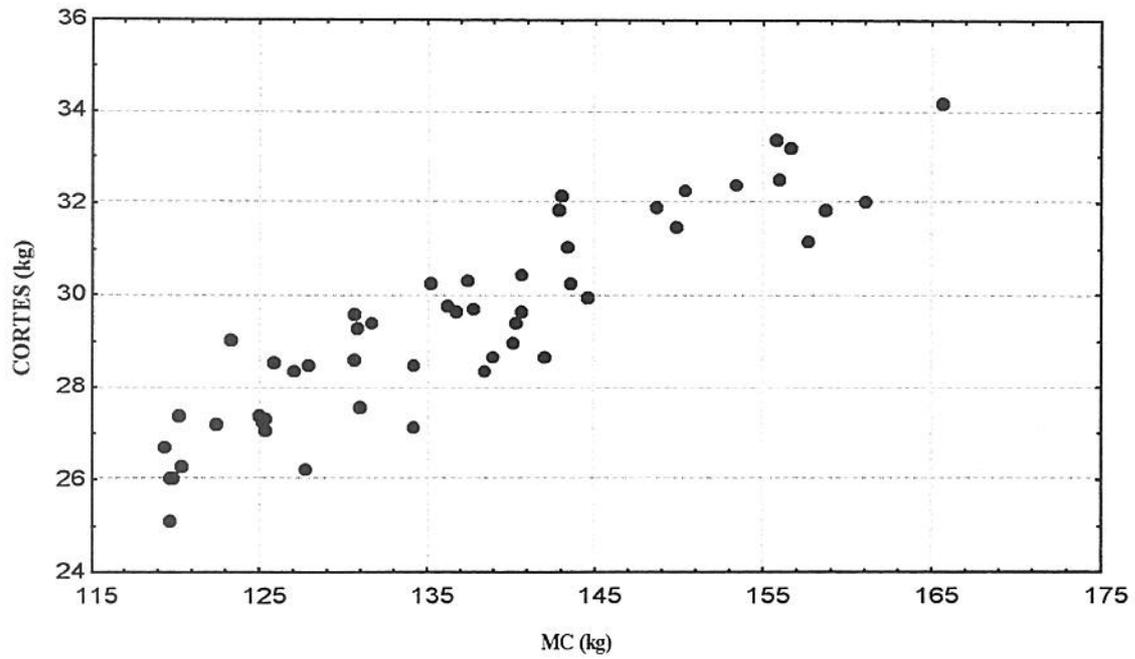
(1) CORTES: peso dos cortes do traseiro especial (kg). CORTES%: percentagem do peso dos cortes do traseiro especial referido ao peso da meia carcaça. MC: peso da meia carcaça (kg). QD: peso do quarto traseiro especial (kg). QD: peso do quarto dianteiro (kg). PA: peso da ponta de agulha (kg). MATURE: maturidade das carcaças ( $m^2$  de dentes incisivos permanentes). AOLPLAN: área do olho de lombo medida com planimetro ( $cm^2$ ). AOLVA: área total do contrafilé medida por análise de imagem digital (VIA,  $cm^2$ ). AOLVA%: percentagem da área do olho de lombo referida a área total do contrafilé, medida por VIA. EGVA: espessura da gordura do contrafilé medida por VIA (mm). AGVA: área da gordura do contrafilé medida por VIA ( $cm^2$ ). AGVA%: percentagem da área da gordura referida a área total do contrafilé, medida por VIA. CXMOLE: peso do corte covão mole (kg). CXDURO: peso do corte covão duro (kg). LAG: peso do corte lagarto (kg). PAT: peso do corte patinho (kg). ALC: peso do corte alcatra (kg). CONTR: peso do corte contrafilé (kg). FILEM: peso do corte filé mignon (kg).



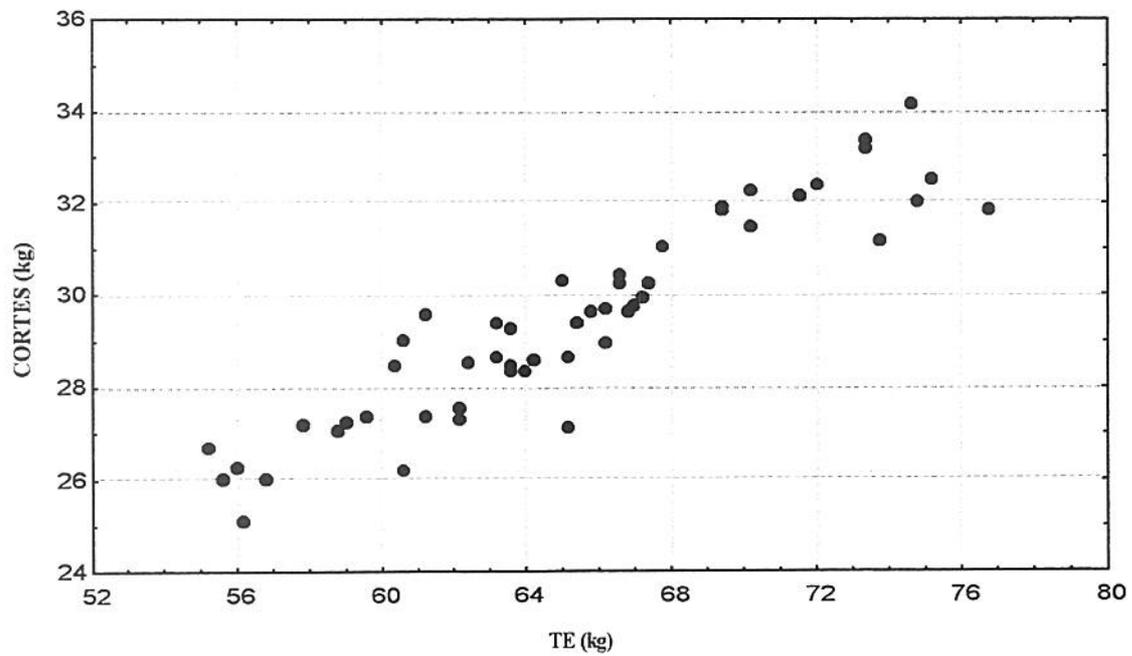
A característica da seção do contrafilé medida manualmente: a área do olho de lombo (AOLPLAN) quando confrontada com o parâmetro similar, medido por análise de imagem digital (AOLVIA) mostrou uma correlação de 0,70. Este valor é significativo ( $P < 0,01$ ), razoavelmente bom e inferior ao informado por Wassenberg et al. (1.986),  $r = 0,86$ , e Cross et al. (1.983),  $r = 0,84$ , para a correlação entre a área do olho de lombo, medida com planímetro, e a área de carne magra do contrafilé, medida por VIA. Isto pode estar relacionado, talvez, com as dificuldades que apresentaram algumas imagens digitais, durante o processamento, em relação à segmentação do músculo *Longissimus dorsi* do resto da carne magra presente na seção do contrafilé, como já mencionado anteriormente.

O exame visual dos gráficos que representam os valores observados da variável de resposta CORTES contra cada uma das variáveis independentes utilizadas na posterior análise de regressão não indicou a existência de dependências não lineares entre eles (figuras 42 à 49). Idêntica observação pôde ser efetuada a partir das representações gráficas das outras variáveis dependentes: porcentagem dos cortes do traseiro especial (CORTES%) e o peso de cada um dos cortes individuais do traseiro especial contra às variáveis independentes mais importantes. Para um melhor entendimento, nas figuras N<sup>o</sup>50 à 57 representam-se os gráficos correspondentes à variável dependente ALCATRA.

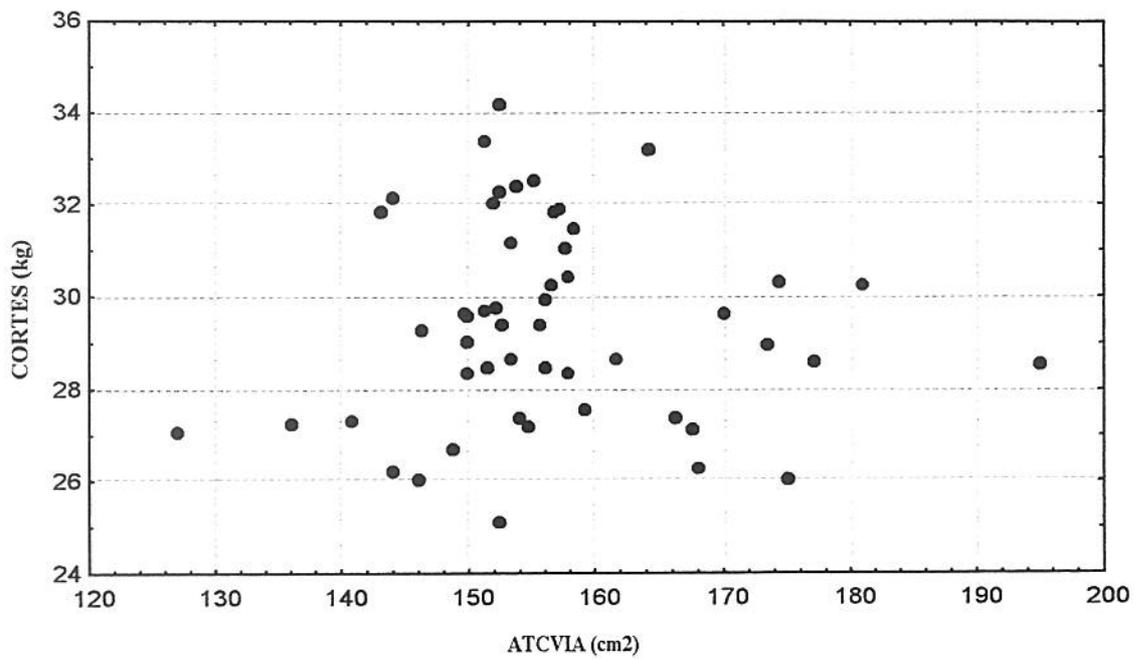
A observação da figura 44 sugere que, neste experimento, a área total do contrafilé determinado por análise de imagem digital, ofereceu um baixo poder discriminativo com respeito ao peso observado dos cortes do traseiro especial, tal como indicado pela concentração dos pontos na região central do gráfico.



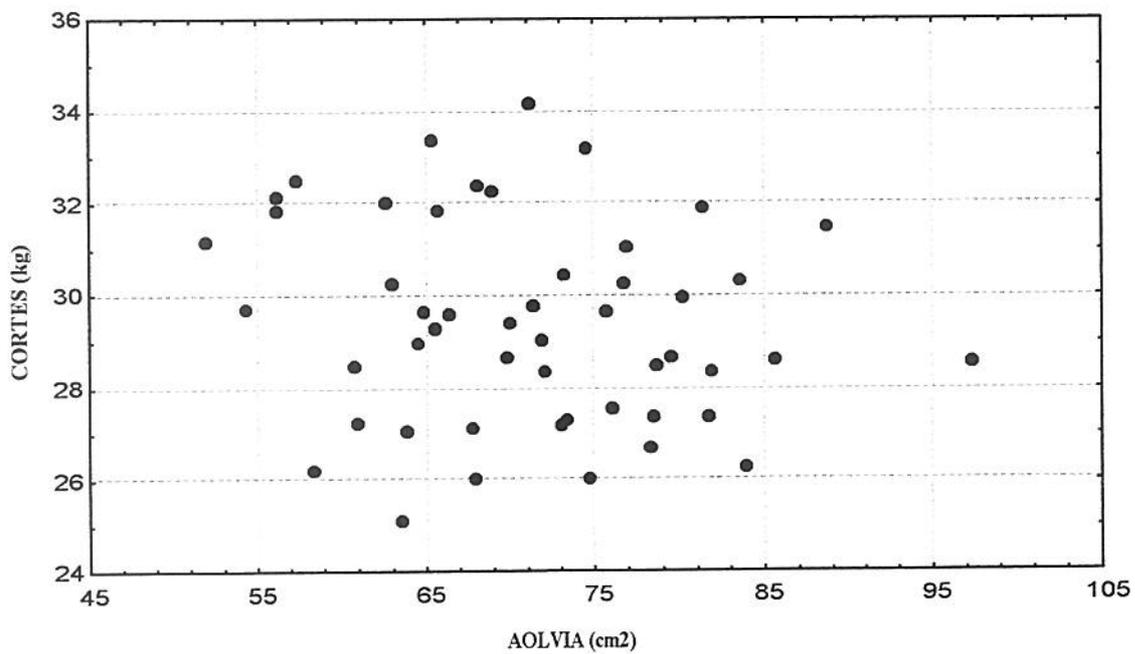
**FIGURA 42:** gráfico de valores observados da variável dependente CORTES vs os pesos da meia carcaça, MC (N=51)



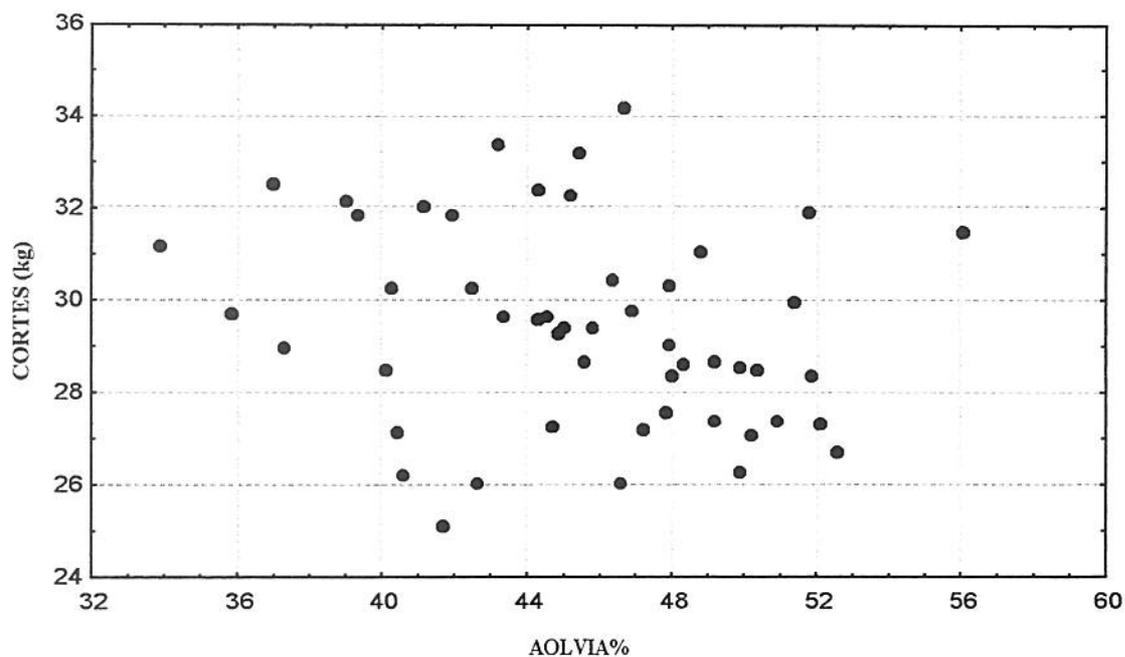
**FIGURA 43:** gráfico de valores observados da variável dependente CORTES vs os pesos do traseiro especial, TE (N=51)



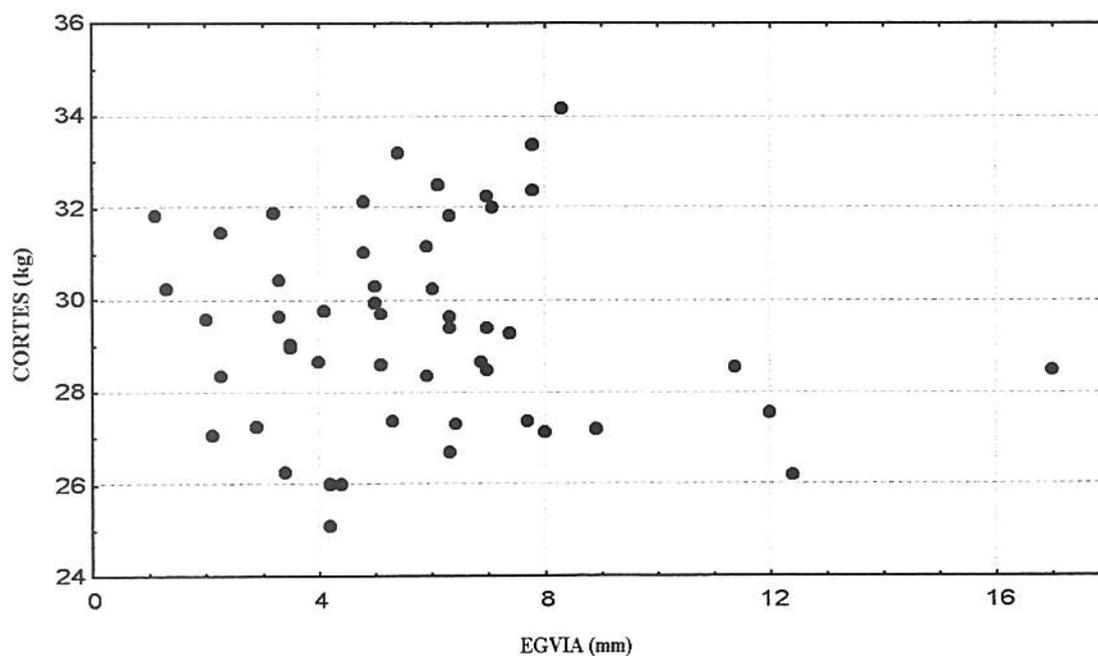
**FIGURA 44:** gráfico de valores observados da variável dependente CORTES vs a área total do contrafilé, medido por VIA (ATCVIA) (N=51)



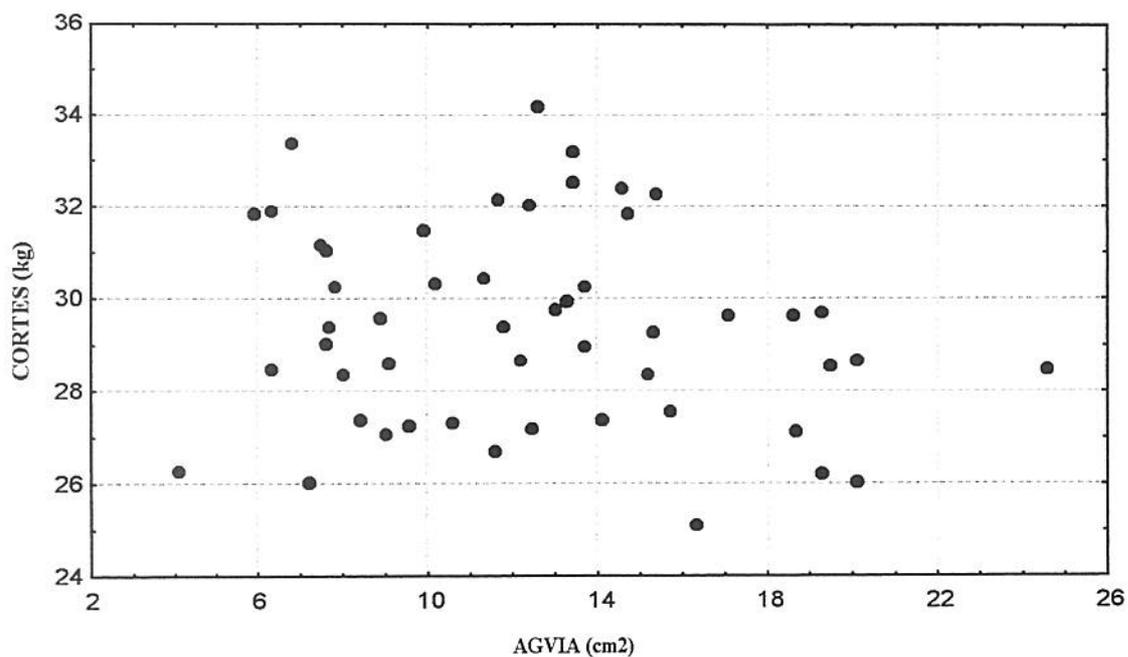
**FIGURA 45:** gráfico de valores observados da variável dependente CORTES vs a área do olho de lombo, medida por VIA (AOLVIA) (N=51)



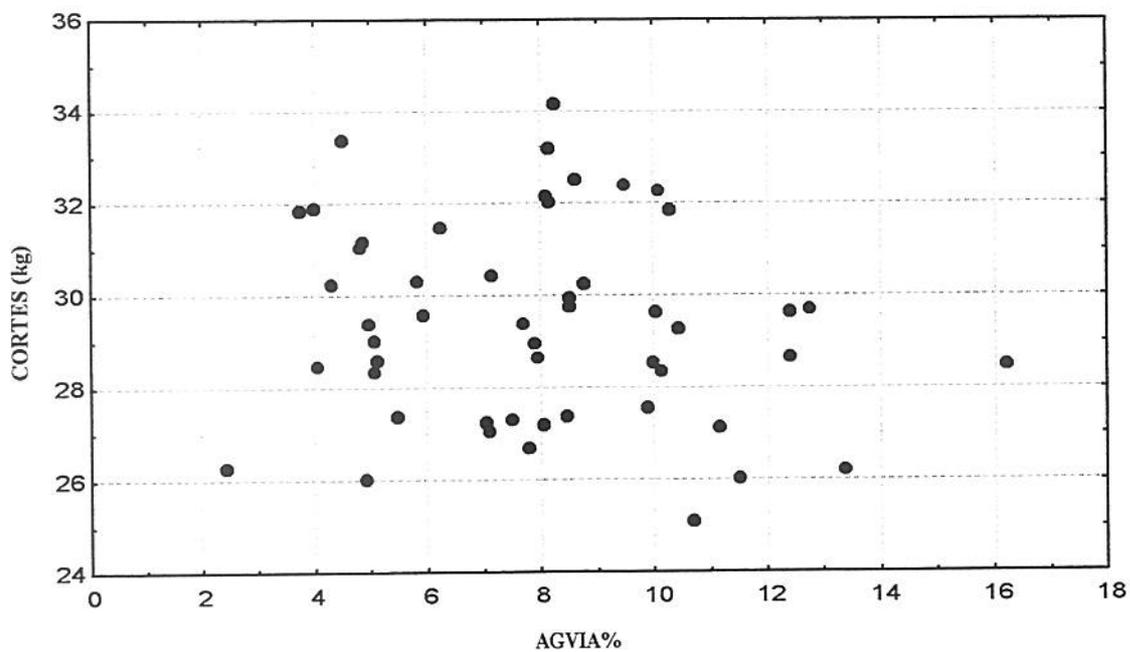
**FIGURA 46:** gráfico de valores observados da variável dependente CORTES vs a porcentagem da área do olho de lombo, medida por VIA (AOLVIA%) (N=51)



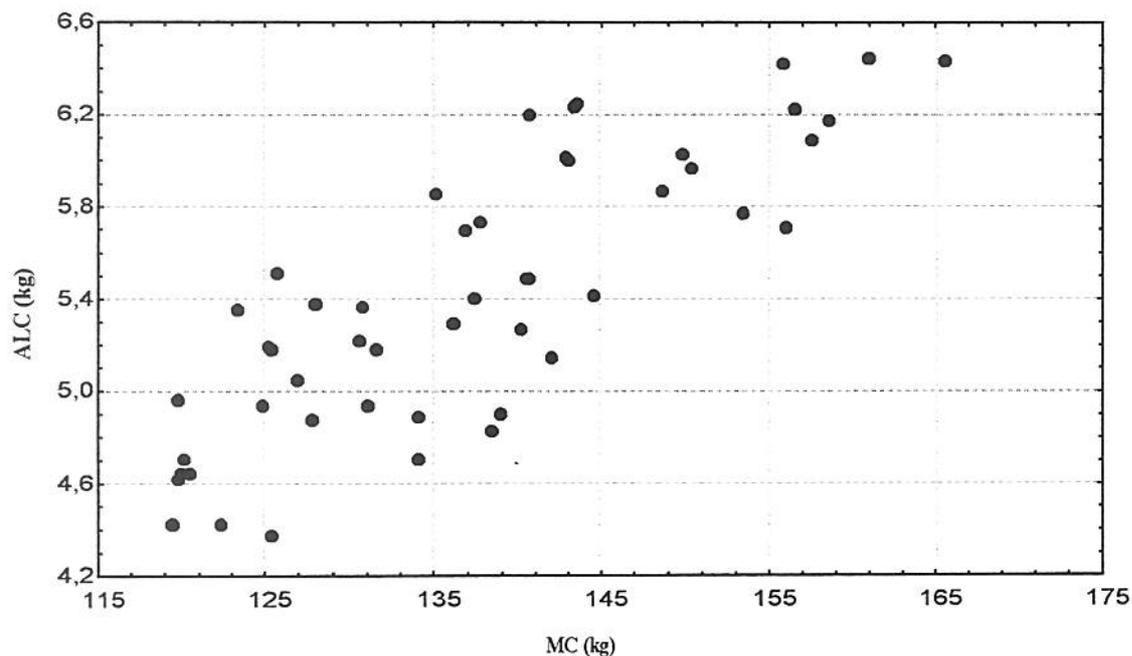
**FIGURA 47:** gráfico de valores observados da variável dependente CORTES vs a espessura da gordura, medida por VIA (EGVIA) (N=51)



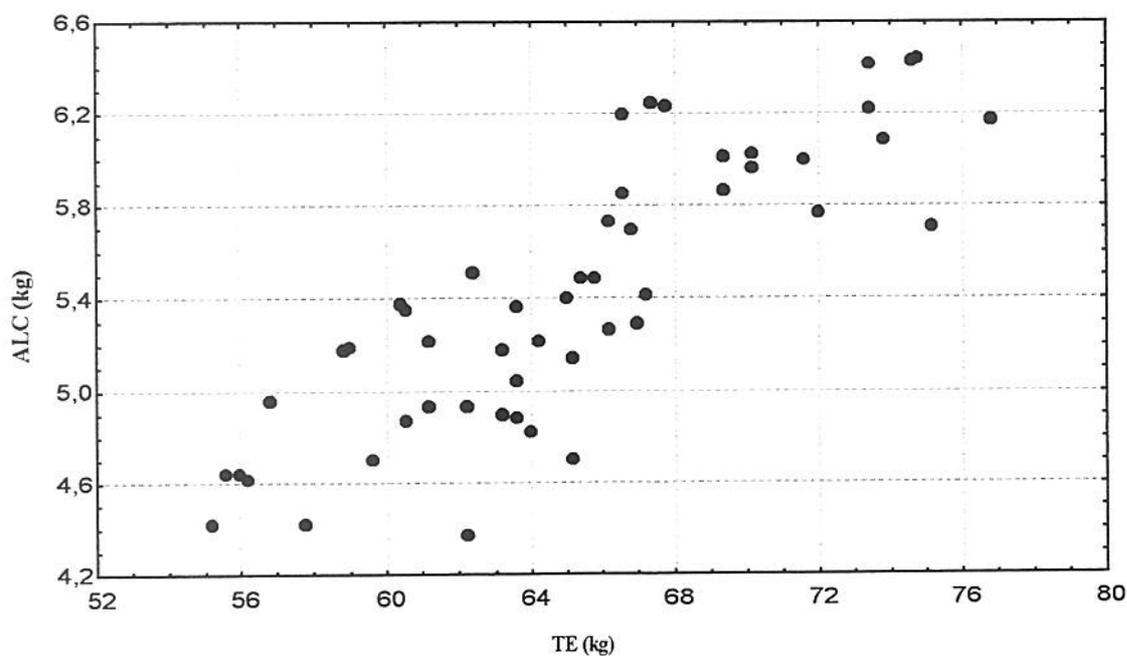
**FIGURA 48:** gráfico de valores observados da variável dependente CORTES vs a área da gordura, medida por VIA (AGVIA) (N=51)



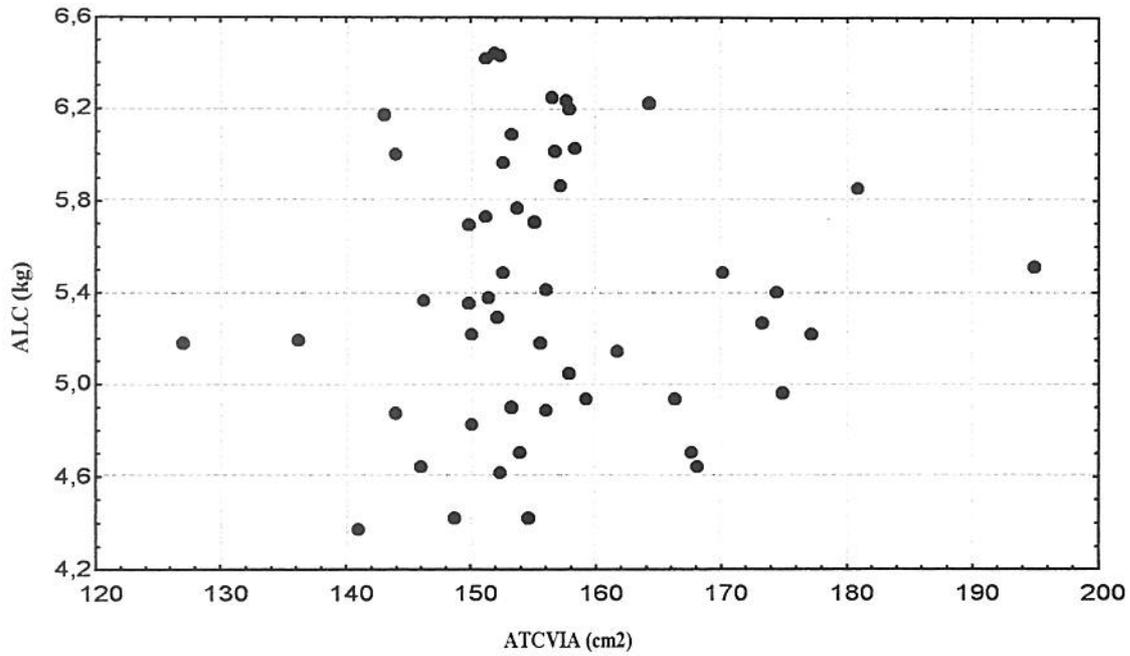
**FIGURA 49:** gráfico de valores observados da variável dependente CORTES vs a porcentagem da área da gordura, medida por VIA (AGVIA%) (N=51)



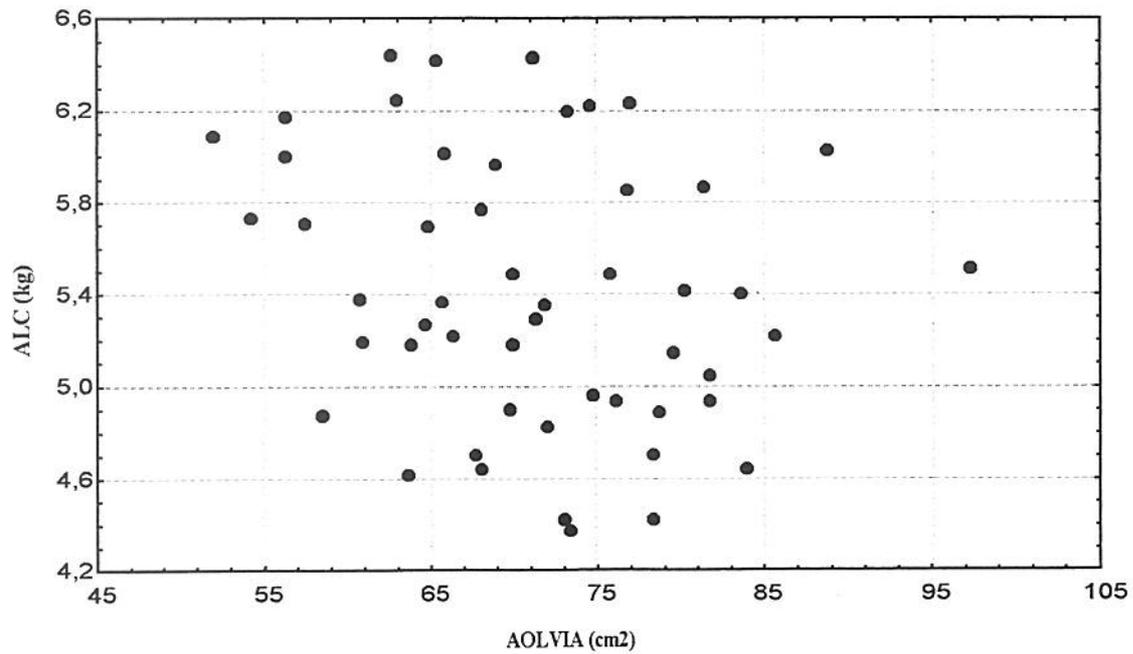
**FIGURA 50:** gráfico de valores observados da variável dependente ALCATRA vs os pesos da meia carcaça, MC (N=51)



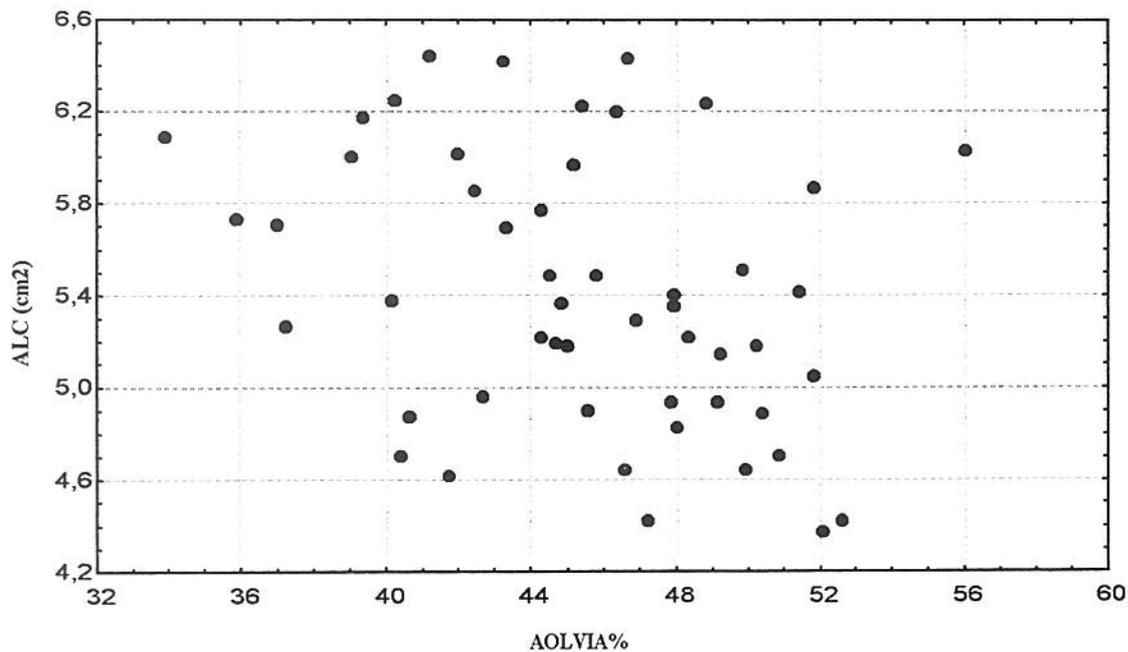
**FIGURA 51:** gráfico de valores observados da variável dependente ALCATRA vs os pesos do traseiro especial, TE (N=51)



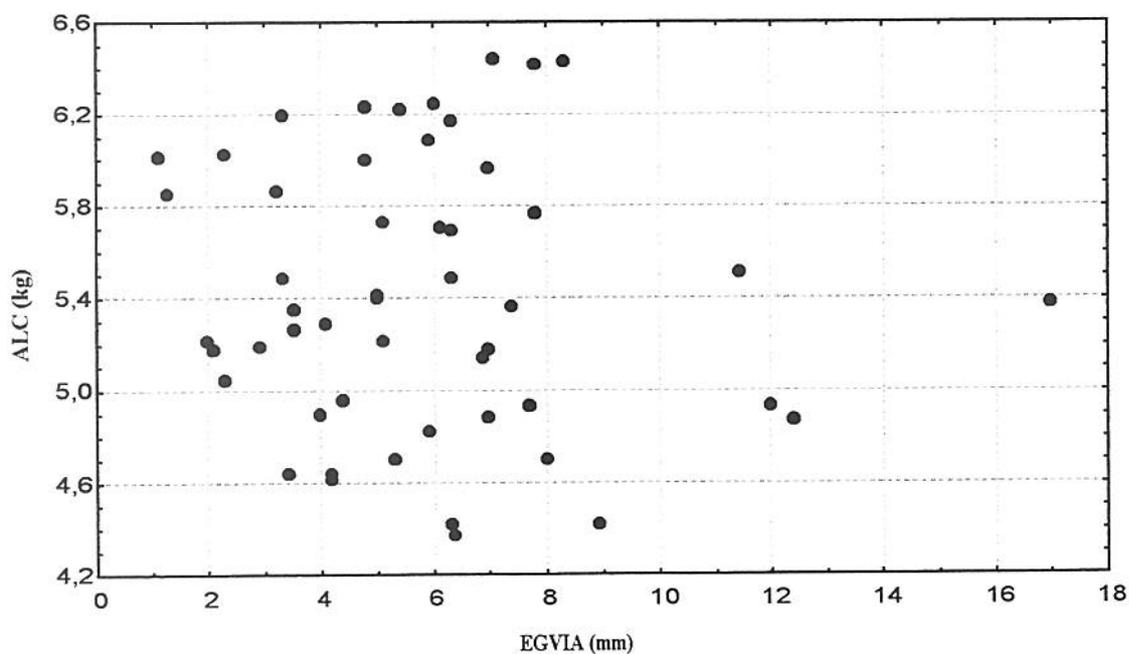
**FIGURA 52:** gráfico de valores observados da variável dependente ALCATRA vs a área total do contrafilé, medida por VIA (ATCVIA) (N=51)



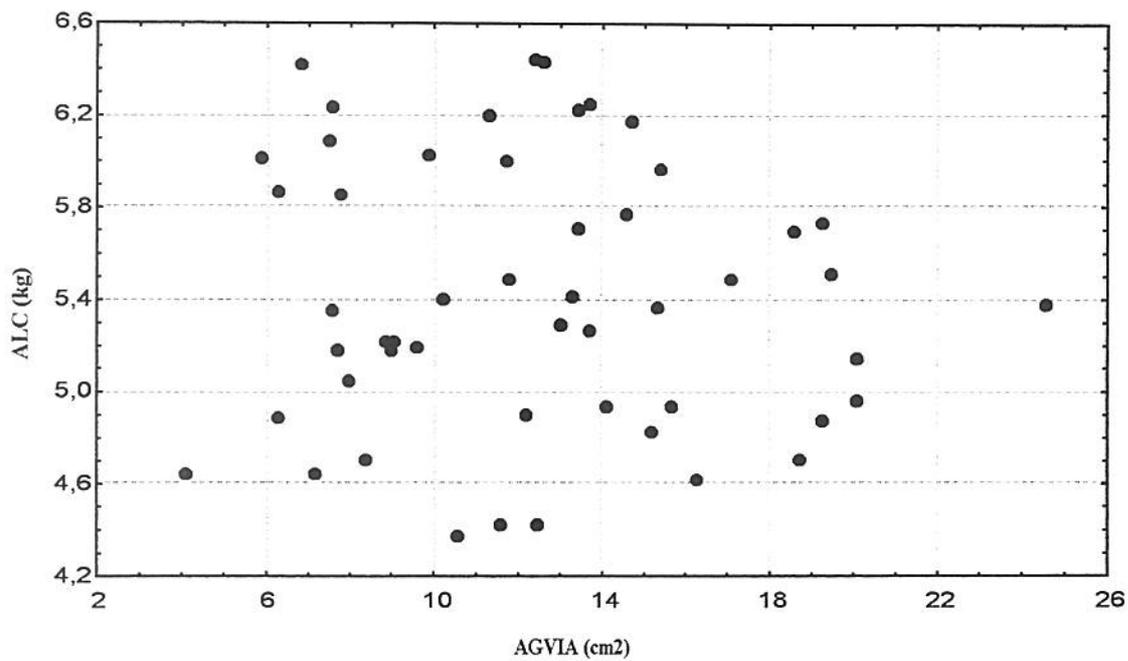
**FIGURA 53:** gráfico de valores observados da variável dependente ALCATRA vs a área do olho de lombo, medida por VIA (AOLVIA) (N=51)



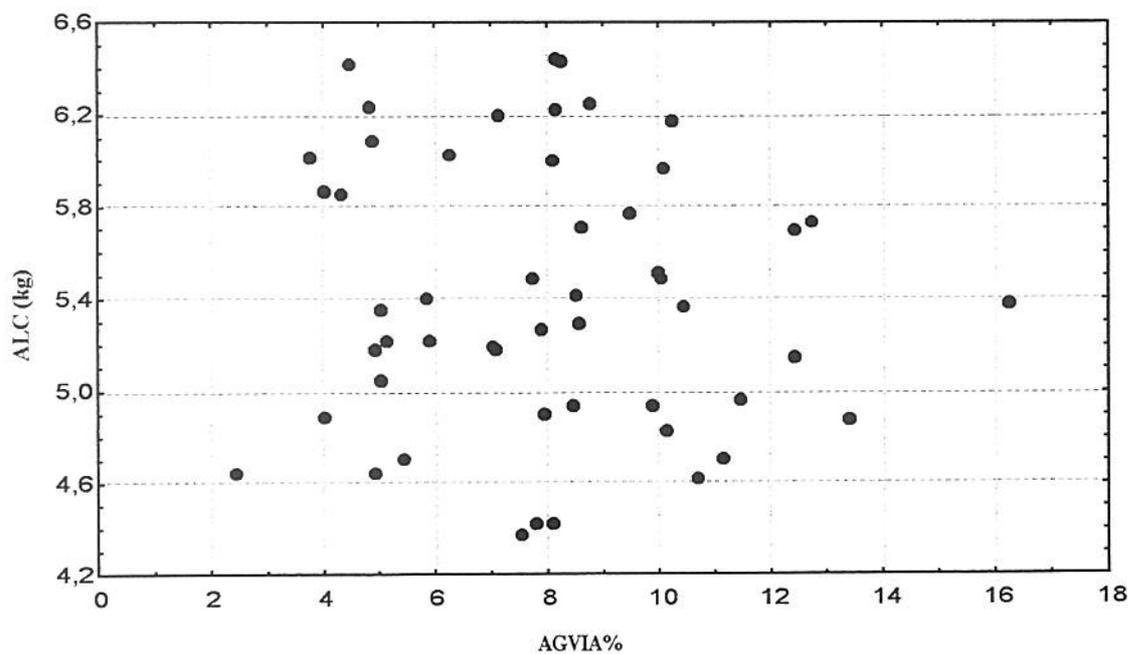
**FIGURA 54:** gráfico de valores observados da variável dependente ALCATRA vs a porcentagem da área do olho de lombo, medida por VIA (AOLVIA%) (N=51)



**FIGURA 55:** gráfico de valores observados da variável dependente ALCATRA vs a espessura da gordura, medida por VIA (EGVIA) (N=51)



**FIGURA 56:** gráfico de valores observados da variável dependente ALCATRA vs a área da gordura, medida por VIA (AGVIA) (N=51)



**FIGURA 57:** gráfico de valores observados da variável dependente ALCATRA vs a porcentagem da área da gordura, medida por VIA (AGVIA%) (N=51)

A análise dos gráficos anteriores permite, também, visualizar alguns pontos que seriam conveniente identificar para determinar se constituem valores excepcionais ou não. Foi comprovado que eles pertenciam à amostras diferentes e pareciam corresponder às suas características (amostra N<sup>o</sup>42: MC=165,6 kg; amostra N<sup>o</sup>9: TE=76,8 kg; amostra N<sup>o</sup>36: ATCVIA=195,1 cm<sup>2</sup> e AOLVIA= 97,3 cm<sup>2</sup>; amostra N<sup>o</sup>3: AOLVIA%=56,1), exceto, obviamente, quando as variáveis independentes estavam muito relacionadas entre si. Este é o caso da amostra N<sup>o</sup>38 que apresentou valores extremos para as variáveis EGVIA (17,0 mm), AGVIA (24,6 cm<sup>2</sup>) e AGVIA% (16,2). Todas as amostras foram, portanto, efetivamente, utilizadas para a análise estatística. As imagens correspondentes as características VIA mencionadas aparecem nas seguintes figuras:

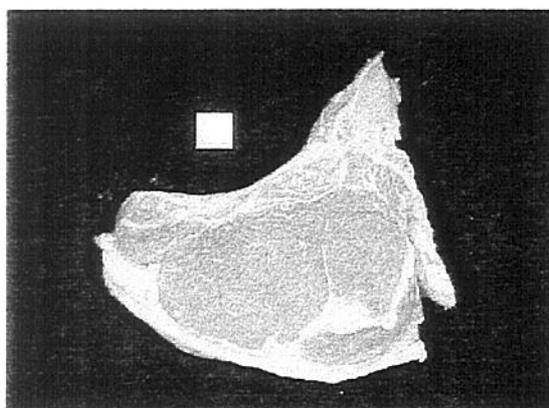


Figura 58: amostra N<sup>o</sup>36  
ATCVIA=195,1 cm<sup>2</sup>; AOLVIA= 97,3 cm<sup>2</sup>

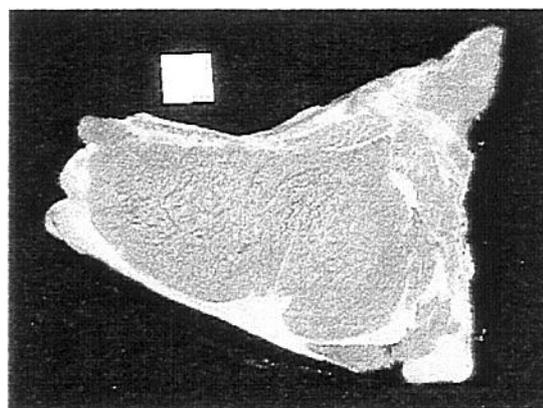


Figura 59: amostra N<sup>o</sup>3  
AOLVIA%=56,1

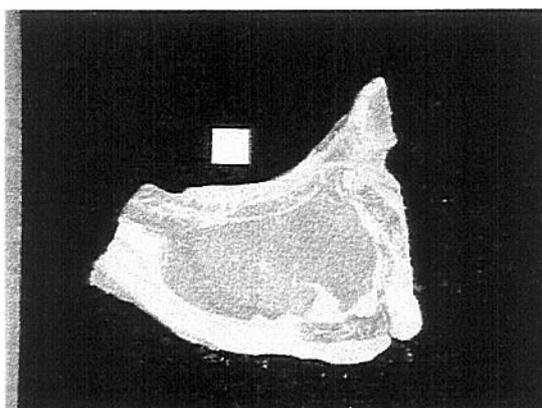


Figura 60: amostra N<sup>o</sup>38  
EGVIA=17,0 mm; AGVIA=24,6 cm<sup>2</sup>; AGVIA%=16,2

### 5.3 ANÁLISE DE REGRESSÃO

A análise de regressão é uma ferramenta estatística importante e amplamente usada nos trabalhos de pesquisa nas distintas áreas da ciência, mas é necessário ressaltar que sua utilização não deve substituir o senso comum e a experiência dos pesquisadores. Ela permite obter estimativas de relações entre as variáveis, extraindo informação de um grupo de dados, geralmente grande, e reduzindo-o a poucas quantidades estatísticas. Para isto, resulta indispensável que sejam válidos certos supostos: existência de um modelo corretamente especificado que descreva a relação entre a variável dependente e as variáveis independentes ou regressores, inexistência de dependências lineares ou multicolinearidade entre os regressores e erros aleatórios normais (Bender et al., 1982).

Na obtenção e seleção das melhores equações de regressão, para a estimativa das variáveis dependentes escolhidas, podem ser utilizados três critérios. O primeiro é a  $R^2$ , chamada de coeficiente de regressão ou coeficiente de determinação que fornece uma medida da qualidade de ajuste da equação obtida. Então, para várias equações de regressão, provenientes de um mesmo conjunto de dados, a maior  $R^2$  determinaria o melhor ajuste. Mas deve ser levado em consideração que nas etapas de seleção das melhores equações, a introdução de uma nova variável nunca diminui o valor do  $R^2$  e não há testes disponíveis, neste sentido, para determinar o que constitui um incremento significativo de  $R^2$ . Além disso, o quadrado médio dos erros poderia resultar aumentado. Fica claro, portanto, que esta estatística é insuficiente como único critério de escolha (Pike, 1986).

O segundo critério é a quadrado médio dos resíduos,  $S^2$ , que dá informação a respeito da parte da variação total nas observações que não é explicada pela equação de regressão considerada. Algumas vezes, durante o procedimento de seleção da melhor equação, a separação de um termo provocará uma redução no valor de  $R^2$ , mas uma diminuição no  $S^2$  compensará amplamente essa perda aparente (Pike, 1986).

A diferença do  $R^2$ , a significância na redução do  $S^2$  para cada termo incluído no modelo, pode ser julgada através de um teste estatístico, o denominado teste de F. Este aspecto está relacionado com a disjuntiva de incorporar ou eliminar uma variável

independente não significativa na equação de regressão o que poderia causar considerável confusão quando existe multicolinearidade. Com relação a isto, alguns autores consideram que omitir uma variável importante produzirá desvios nos coeficientes que estão sendo analisados resultando, talvez, melhor reter a variável não significativa, especialmente, se o objetivo é estimar valores futuros da variável dependente (Bender et al., 1.982).

Em qualquer caso, para saber se o modelo é adequado o procedimento mais simples e recomendável é realizar um gráfico de resíduos. Isto é, as diferenças entre o valor predito pelo modelo de regressão e o valor efetivamente observado para cada um dos dados. Espera-se que na média os resíduos sejam de valor zero e possuam uma variância que não dependa do tamanho dos valores ajustados nem do valor da variável considerada (Pike, 1986).

Um último critério está representado pela estatística  $C_p$  (Mallows, 1973). Este método apoia-se em três fundamentos: a) -Usa-se o modelo completo, com todos os parâmetros, como base de referência. b) -Efetua-se um ajuste para um modelo com  $p$  termos. c) - Analisam-se graficamente os resultados para escolher o modelo apropriado. A equação que define a estatística  $C_p$  é:

$$C_p = (1/\sigma^2) \cdot \text{RSS}_p + 2p - n$$

$C_p$ : estatística de Mallows

$\text{RSS}_p$ : quadrado médio dos resíduos para o modelo com  $p$  termos incluídos

$\sigma^2$ : quadrado médio residual p/o modelo completo

$p$ : núm. de termos incluídos na equação considerada

$n$ : núm. de observações

A técnica aconselha representar graficamente os valores de  $C_p$  versus  $p$ , para um determinado subgrupo de variáveis, e escolher o modelo mais simples possível com a  $C_p$  mais perto e, preferivelmente, menor que  $p$  ( $C_p \leq p$ ). Evidentemente, se não há desvio no modelo escolhido o valor da  $C_p$  deveria ser, na média, igual a  $p$  (Pike, 1986). Saliente-se que o intercepto encontra-se incluído no valor de  $p$ , resultando passível de ser introduzido

ou eliminado, embora habitualmente seja incluído. Portanto, o número de variáveis utilizadas numa equação específica de um subgrupo é igual a  $(p-1)$  (Hocking, 1976).

No processo de seleção de variáveis para obter as melhores equações de regressão linear, o desafio está representado pelo compromisso entre a inclusão de suficientes termos no modelo para conseguir a melhor predição e a simplicidade do modelo final. A literatura detalha várias técnicas que podem ser usadas com esse objetivo (Hocking, 1976; Draper & Smith, 1981).

Na presente pesquisa foi utilizado o procedimento "passo a passo" (STEPWISE) que seleciona a cada etapa o termo cuja inclusão no modelo produz a maior redução na soma quadrática dos resíduos, resultando também num maior e significativo valor de F para o termo em questão. A desvantagem deste procedimento é que uma vez que um termo é incluído na equação não pode ser subsequente eliminado. Isto com frequência é necessário quando as variáveis independentes estão correlacionadas umas com outras (Pike, 1986).

Dentro do procedimento STEPWISE, o método MAXR (máximo  $R^2$ ) elimina essa desvantagem, já que aqui uma variável específica pode ser incluída, por exemplo, na melhor equação de dois termos e não aparecer na melhor de três. O método determina o melhor modelo de uma variável, de duas variáveis, etc., até completar o total de variáveis presentes no subgrupo ou o máximo de variáveis solicitadas. Todos os possíveis conjuntos de variáveis do subgrupo são avaliados antes de um modelo ser completado, utilizando o software estatístico SAS (SAS<sup>®</sup>, 1985).

### 5.3.1 PREDIÇÃO DO PESO DOS CORTES DO TRASEIRO ESPECIAL

Para a obtenção das equações de regressão linear com o objetivo de estimar o peso dos cortes do traseiro especial (CORTES) foram utilizados os dois melhores indicadores individuais, o peso da meia carcaça (MC) ou o peso total do traseiro especial (TE), e todos os parâmetros medidos por análise de imagem digital: área total do contrafilé (ATCVIA), área do olho de lombo (AOLVIA), porcentagem da área do olho de lombo (AOLVIA%), espessura da gordura (EGVIA), área da gordura (AGVIA) e a porcentagem da área da gordura (AGVIA%).

O procedimento STEPWISE/MAXR do software SAS<sup>®</sup> forneceu os resultados que podem ser observados na tabela 5 quando a mais importante variável individual utilizada é MC e o máximo número de variáveis independentes permitido no modelo é de 6.

**Tabela 5. Equações de previsão do peso (kg) dos cortes do Traseiro Especial usando o peso da meia carcaça, MC (N=51).**

<u>Eq.No</u>	<u>R2</u>	<u>MSE</u>	<u>Cp</u>	<u>Interc.</u>	<u>MC(1)</u>	<u>ATCVIA</u>	<u>AOLVIA</u>	<u>AOLVIA%</u>	<u>EGVIA</u>	<u>AGVIA</u>	<u>AGVIA%</u>
1	<b>0,816</b>	0,90	2,62	8,078	0,155						
2	<b>0,835</b>	0,82	-0,61	8,974	0,155						-0,105
3	<b>0,836</b>	0,83	1,11	8,974	0,155				0,029		-0,123
4	<b>0,837</b>	0,85	2,96	9,765	0,153			-0,012	0,029		-0,131
5	<b>0,840</b>	0,85	4,01	28,950	0,152	-0,121	0,284	-0,455			-0,076
6	<b>0,840</b>	0,87	6,00	28,220	0,152	-0,117	0,274	-0,439	0,005		-0,077

(1)MC: peso (kg) das meias carcaças; ATCVIA: área total do contrafilé, medida por VIA (cm<sup>2</sup>); AOLVIA: área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>); AOLVIA%: porcentagem da área de olho de lombo; EGVIA: espessura da gordura (mm); AGVIA: área da gordura (cm<sup>2</sup>); AGVIA%: porcentagem da área da gordura.

Aparecem na tabela 5, e em outras posteriores, algumas variáveis independentes com coeficientes de sinal contrário ao esperado. Em certos modelos significativos aparecem, também, termos individuais cujo teste de F não indica que sejam significativamente diferentes de zero. Segundo Bender et al. (1982), ambos casos são um problema frequente

em análise de regressão e usualmente resultam da multicolinearidade, isto é, da situação na qual as variáveis independentes não são linearmente independente uma de outras.

Antes de escolher a melhor equação de previsão é fundamental analisar os valores de  $R^2$ , MSE (quadrado médio dos resíduos) e  $C_p$  para cada modelo obtido. O gráfico  $C_p$  vs  $p$  (figura 61) estaria indicando que a equação mais apropriada para a previsão da variável de resposta seria a equação N°6 pois tem o valor do  $C_p$  mais perto e menor que  $p$ , ainda que o MSE seja levemente superior com respeito à dos modelos anteriores. A observação deste gráfico também permitiria inferir que as equações N°5, 4, 3 e até a N°2 poderiam ser igualmente utilizadas sem perder acurácia. Segundo MacNeil (1983), o menor número de variáveis independentes incluídas num modelo fornece uma justificativa adicional para a sua seleção.

A figura 62 corresponde ao gráfico de resíduos da equação N°6. Observa-se aí, a inexistência de relacionamento não linear e a não dependência do tamanho da variável. Características similares resultam quando plotam-se os resíduos para cada uma das variáveis independentes incluídas no modelo mencionado (figuras 63 a 68).

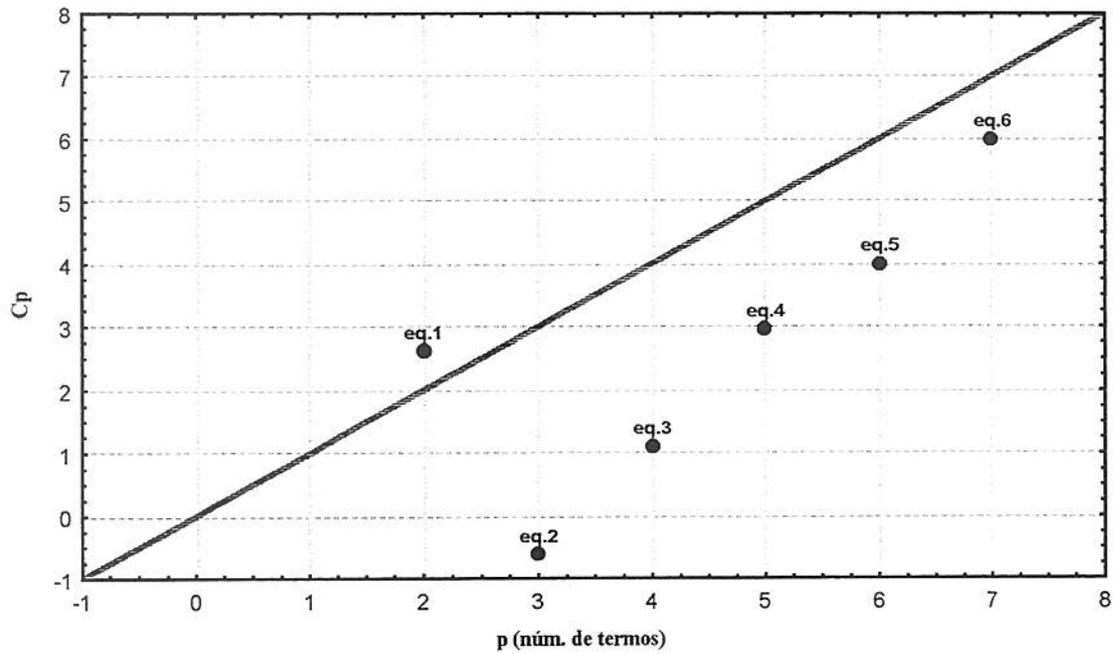


FIGURA 61: gráfico Cp vs p correspondente à tabela 5.

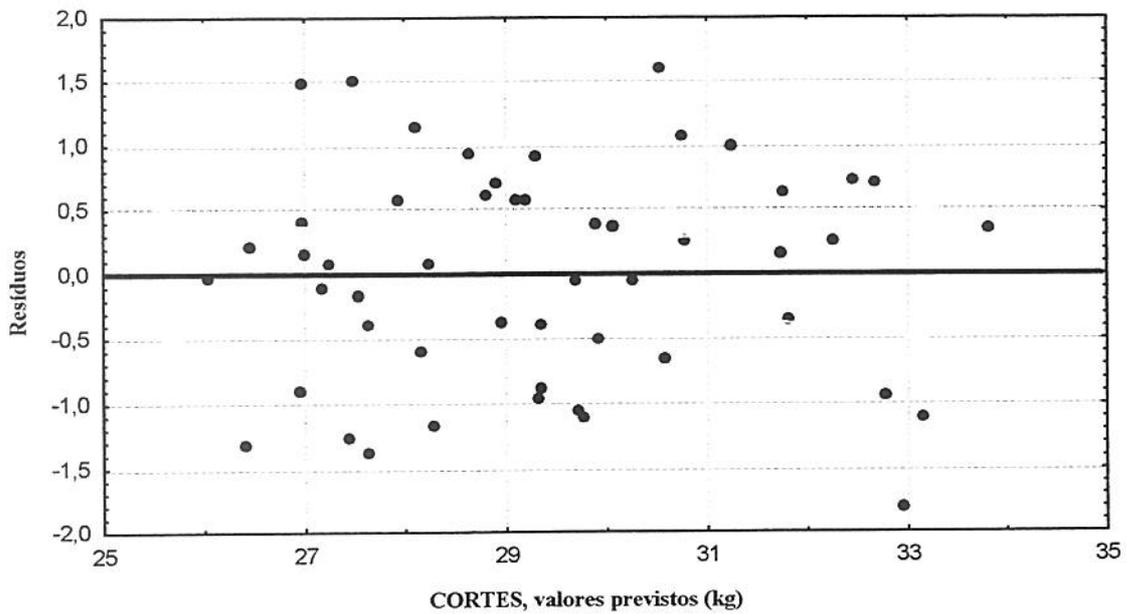
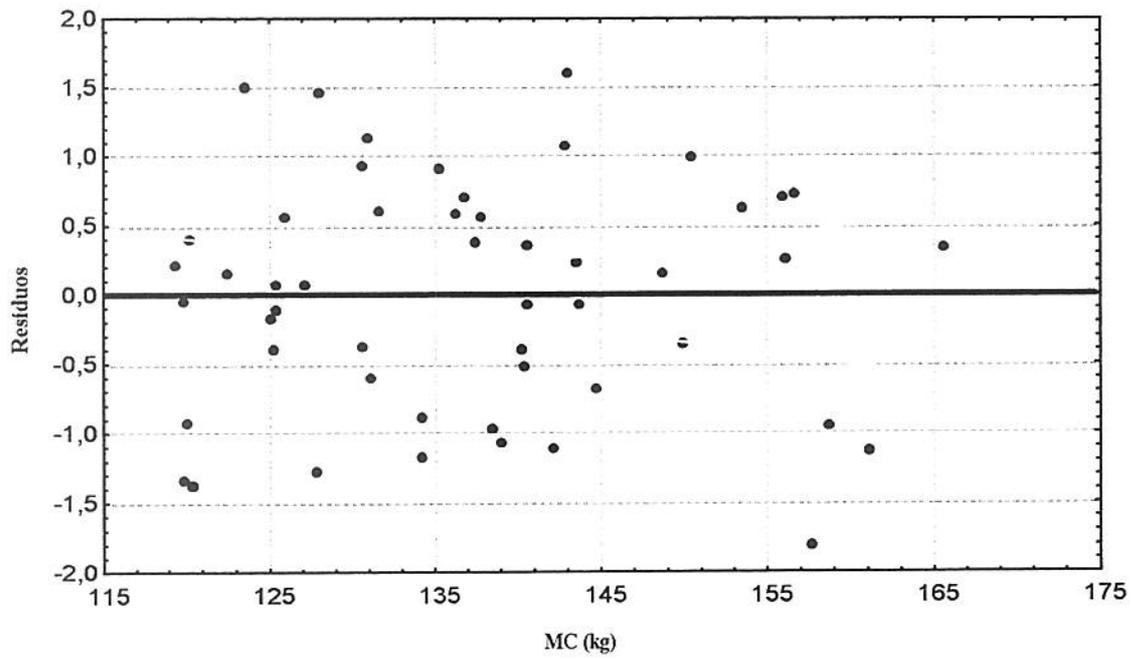
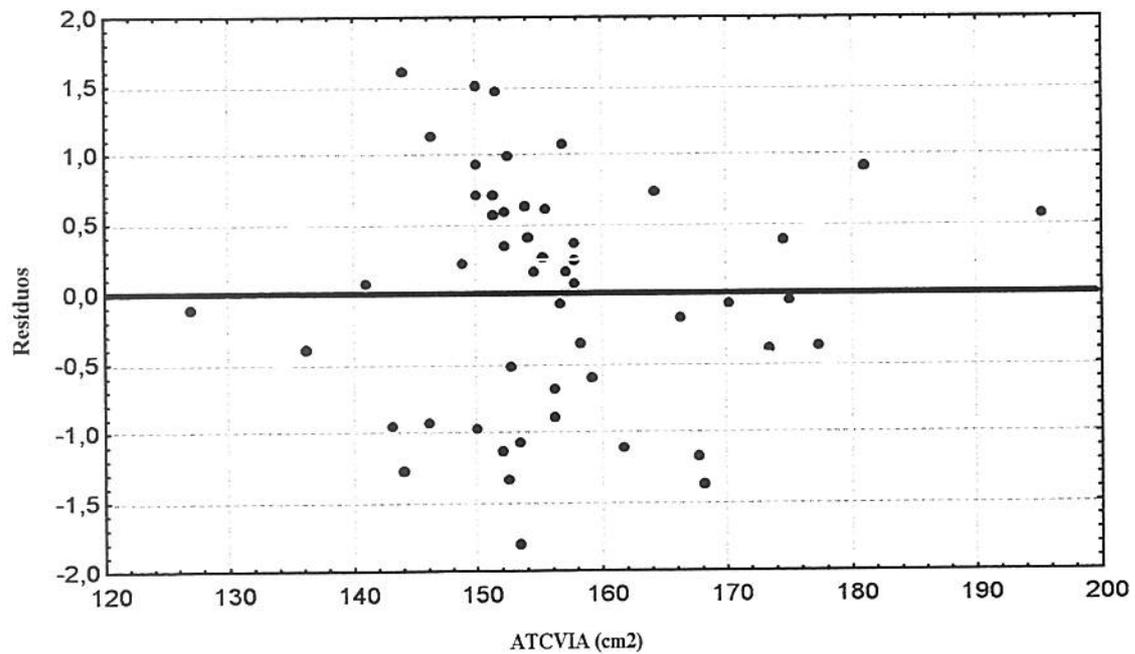


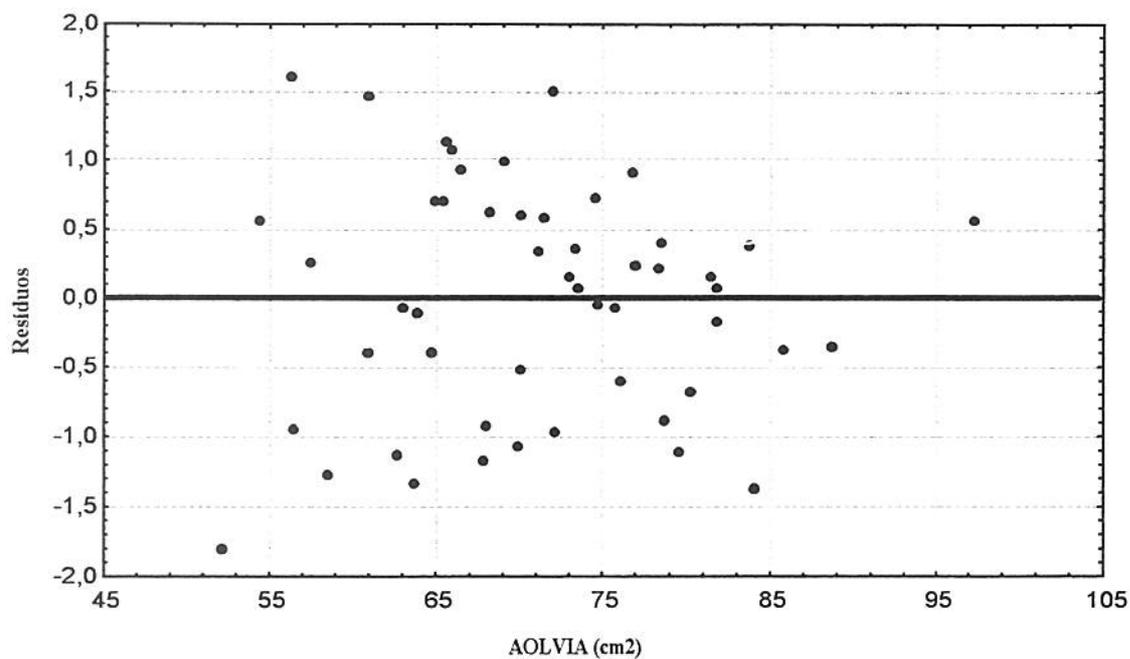
FIGURA 62: gráfico de resíduos vs valores previstos para a variável CORTES (equação N<sup>o</sup>6) (N=51)



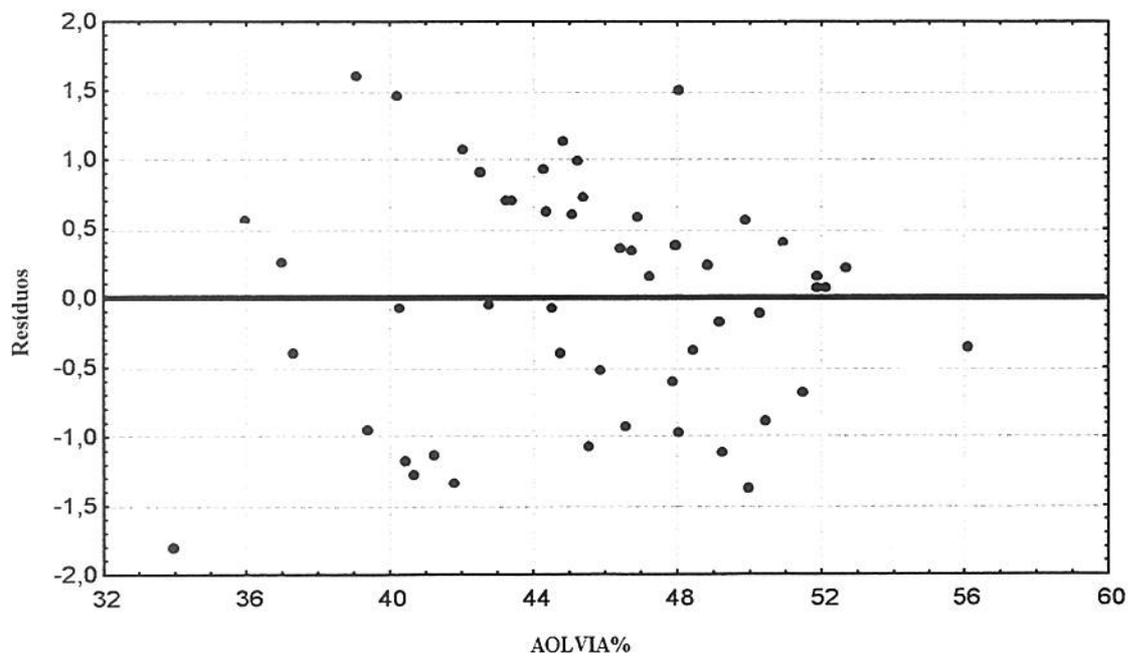
**FIGURA 63: gráfico de resíduos vs variável independente MC (equação N<sup>o</sup>6) (N=51)**



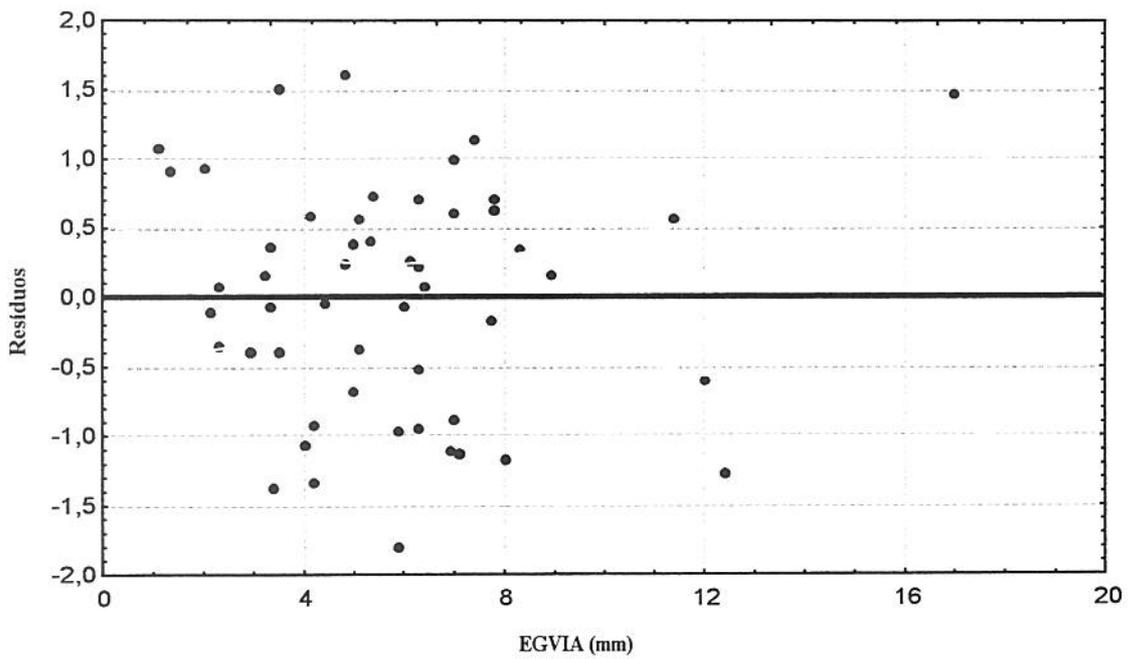
**FIGURA 64: gráfico de resíduos vs variável independente ATCVIA (equação N<sup>o</sup>6) (N=51)**



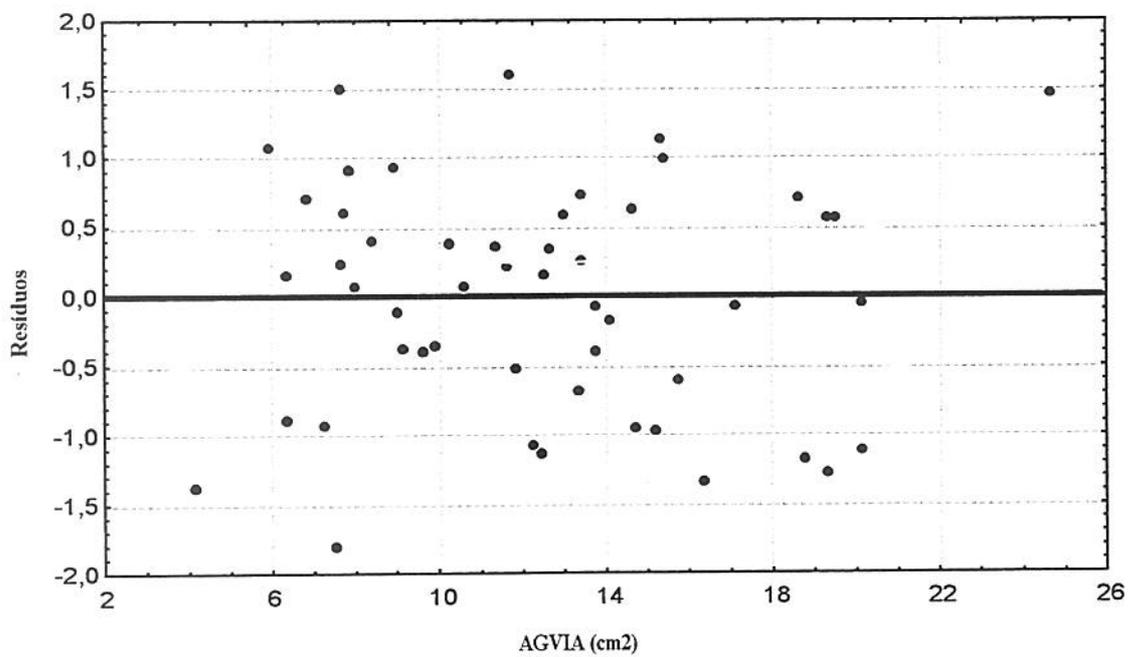
**FIGURA 65:** gráfico de resíduos para a variável independente AOLVIA (equação N<sup>o</sup>6) (N=51)



**FIGURA 66:** gráfico de resíduos para a variável independente AOLVIA% (equação N<sup>o</sup>6) (N=51)



**FIGURA 67:** gráfico de resíduos p/variável independente EGVIA (equação N<sup>o</sup> 6) (N=51)



**FIGURA 68:** gráfico de resíduos p/variável independente AGVIA (equação N<sup>o</sup>6) (N=51)

Essas características não mudam quando o mesmo tipo de análise é realizado com as variáveis das equações N<sup>o</sup>2, 3, 4 e 5, mas não foram representados aqui os correspondentes gráficos de resíduos das variáveis independentes utilizadas nos citados modelos.

Os resultados obtidos para este ponto, segundo a análise estatística efetuada, parecem indicar que são várias as equações que podem ser utilizadas para a estimativa da variável dependente CORTES. A descrição completa das equações N<sup>o</sup>2, 3, 4, 5 e 6, incluindo o erro padrão para cada regressor, junto a uma tabela de valores observados e valores previstos (tabela 6), segundo as equações consideradas, apresentam-se a seguir:

Equação N<sup>o</sup>2:

$$\text{CORTES} = 8,974 + 0,155 (\text{MC}) - 0,105 (\text{AGVIA}\%)$$

$$(\pm 1,440) \quad (\pm 0,010) \quad (\pm 0,044)$$

Equação N<sup>o</sup>3:

$$\text{CORTES} = 8,974 + 0,155 (\text{MC}) + 0,029 (\text{EGVIA}) - 0,123 (\text{AGVIA}\%)$$

$$(\pm 1,450) \quad (\pm 0,010) \quad (\pm 0,053) \quad (\pm 0,055)$$

Equação N<sup>o</sup>4:

$$\text{CORTES} = 9,765 + 0,153 (\text{MC}) - 0,012 (\text{AOLVIA}\%) + 0,029 (\text{EGVIA}) - 0,131 (\text{AGVIA}\%)$$

$$(\pm 2,460) \quad (\pm 0,011) \quad (\pm 0,031) \quad (\pm 0,053) \quad (\pm 0,059)$$

Equação N<sup>o</sup>5:

$$\text{CORTES} = 28,950 + 0,152 (\text{MC}) - 0,121 (\text{ATCVIA}) + 0,284 (\text{AOLVIA}) -$$

$$(\pm 19,743) \quad (\pm 0,011) \quad (\pm 0,124) \quad (\pm 0,267)$$

$$0,455 (\text{AOLVIA}\%) - 0,076 (\text{AGVIA})$$

$$(\pm 0,419) \quad (\pm 0,031)$$

Equação N<sup>o</sup>6:

$$\text{CORTES} = 28,220 + 0,152 (\text{MC}) - 0,117 (\text{ATCVIA}) + 0,274 (\text{AOLVIA}) -$$

$$(\pm 21,711) \quad (\pm 0,011) \quad (\pm 0,136) \quad (\pm 0,294)$$

$$0,439 (\text{AOLVIA}\%) + 0,005 (\text{EGVIA}) - 0,077 (\text{AGVIA})$$

$$(\pm 0,461) \quad (\pm 0,059) \quad (\pm 0,038)$$

Tabela 6 : Valores observados e valores previstos do peso dos cortes do traseiro especial (kg), usando a variável MC, segundo as equações No 2, 3, 4, 5 e 6.

<u>Amostra</u>	<u>CORTES (kg)</u>		<u>CORTES (kg). Valores Estimados</u>			
	<u>Val. Obs.</u>	<u>Eq. 2</u>	<u>Eq. 3</u>	<u>Eq. 4</u>	<u>Eq. 5</u>	<u>Eq. 6</u>
1	33,200	32,390	32,400	32,268	32,381	32,302
2	33,390	32,651	32,796	32,721	32,714	32,659
3	31,455	33,086	33,040	32,788	33,025	32,939
4	31,910	31,586	31,607	31,446	31,591	31,515
5	32,405	31,754	31,809	31,685	31,740	31,677
6	32,250	31,226	31,247	31,114	31,198	31,132
7	32,040	33,072	33,131	33,041	33,127	33,061
8	31,150	32,888	32,971	33,001	33,120	33,048
9	31,840	32,478	32,476	32,396	32,713	32,639
10	32,510	32,247	32,269	32,235	32,338	32,264
11	29,415	28,852	28,966	28,914	28,950	28,890
12	29,665	28,994	28,912	28,895	29,213	29,126
13	29,555	28,594	28,545	28,496	28,691	28,606
14	29,625	28,874	28,833	28,732	28,923	28,849
15	32,135	30,286	30,279	30,250	30,576	30,497
16	31,835	30,713	30,677	30,649	30,828	30,738
17	27,120	28,604	28,635	28,584	28,495	28,426
18	28,475	29,351	29,482	29,367	29,393	29,336
19	28,375	29,362	29,351	29,208	29,290	29,222
20	28,655	29,683	29,656	29,559	29,708	29,629
21	30,220	30,313	30,329	30,280	30,375	30,302
22	28,670	29,678	29,654	29,471	29,647	29,570
23	28,940	29,875	29,835	29,835	29,633	29,551
24	30,285	29,657	29,697	29,591	29,889	29,802
25	30,225	29,477	29,437	29,414	29,513	29,417
26	31,025	30,695	30,747	30,627	30,738	30,666
27	30,445	30,015	29,982	29,878	30,051	29,968
28	29,915	30,492	30,483	30,300	30,428	30,354
29	29,640	29,711	29,626	29,522	29,689	29,594
30	29,415	29,925	29,968	29,866	29,939	29,873
31	28,325	28,127	28,102	27,977	28,197	28,113
32	26,040	27,056	27,089	27,042	27,097	27,030
33	27,065	27,667	27,600	27,481	27,222	27,167
34	27,270	27,640	27,597	27,545	27,721	27,648
35	29,005	27,569	27,579	27,507	27,587	27,515
36	28,515	27,424	27,574	27,435	27,924	27,837
37	26,010	26,337	26,258	26,205	26,250	26,158
38	28,450	27,108	27,308	27,232	27,212	27,183
39	29,270	28,150	28,176	28,084	28,195	28,133
40	27,395	27,458	27,529	27,412	27,604	27,533
41	25,075	26,420	26,349	26,314	26,555	26,471
42	34,175	33,773	33,865	33,699	33,686	33,630
43	26,180	27,376	27,494	27,435	27,614	27,568
44	27,375	27,032	27,088	26,984	27,050	26,985
45	26,680	26,662	26,705	26,563	26,507	26,451
46	26,255	27,380	27,435	27,366	27,717	27,632
47	27,155	27,097	27,210	27,124	27,146	27,092
48	27,325	27,621	27,671	27,526	27,299	27,254
49	28,590	28,678	28,733	28,642	29,002	28,914
50	27,570	28,243	28,413	28,289	28,267	28,222
51	29,780	29,188	29,153	29,041	29,181	29,104

No caso que o peso total do traseiro especial constitua uma medida de fácil obtenção na linha industrial, a variável TE poderia substituir ao peso da meia carcaça. Na tabela 7, colocam-se os resultados obtidos para esta nova situação, considerando também um máximo de 6 variáveis independentes com o mesmo subgrupo de variáveis.

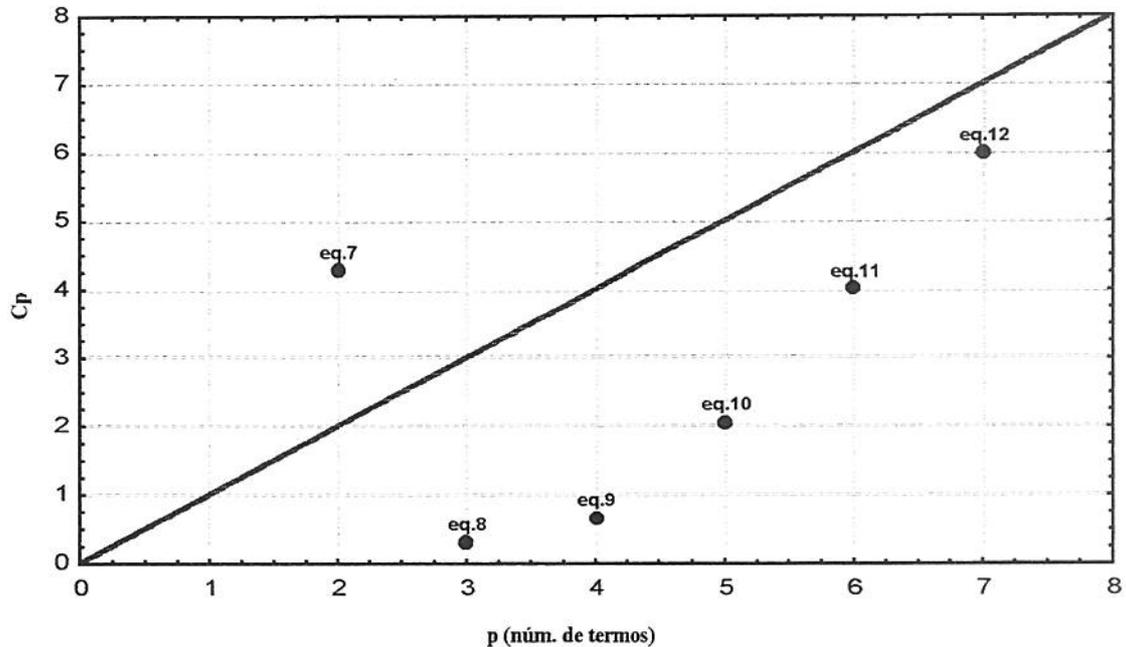
**Tabela 7. Previsão do peso (kg) dos cortes do Traseiro Especial usando TE (N=51).**

<u>Eq.No</u>	<u>R2</u>	<u>MSE</u>	<u>Cp</u>	<u>Interc.</u>	<u>TE(1)</u>	<u>ATCVIA</u>	<u>AOLVIA%</u>	<u>EGVIA</u>	<u>AGVIA</u>	<u>AGVIA%</u>
7	<b>0,855</b>	0,70	4,29	5,821	0,362					
8	<b>0,872</b>	0,63	0,32	6,692	0,360					-0,098
9	<b>0,877</b>	0,62	0,59	4,088	0,372		0,037		-0,049	
10	<b>0,879</b>	0,63	2,07	4,107	0,371		0,037	0,034	-0,062	
11	<b>0,879</b>	0,64	4,01	4,843	0,371	-0,004	0,036	0,035	-0,100	
12	<b>0,879</b>	0,66	6,00	5,392	0,371	-0,008	0,035	0,036	0,042	-0,167

(1)TE: peso (kg) do traseiro especial; ATCVIA: área total do contrafilé, medida por VIA (cm<sup>2</sup>); AOLVIA: área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>); AOLVIA%: porcentagem da área de olho de lombo; EGVIA: espessura da gordura (mm); AGVIA: área da gordura (cm<sup>2</sup>); AGVIA%: porcentagem da área da gordura.

O gráfico Cp vs p (figura 69) correspondente à tabela anterior demonstra que a equação N°12 poderia ser escolhida como a melhor deste subgrupo. As equações N°8 e 11 parecem ser igualmente adequadas considerando os valores de Cp por elas apresentados.

Também aqui, os gráficos de resíduos das variáveis independentes utilizadas na equação N°12 indicam que não existiria relacionamento não linear e que não dependeriam do tamanho das variáveis. Iguais resultados obtém-se com uma análise gráfica similar para as equações N°11 e 8. Estes gráficos são semelhantes aos correspondentes ao ponto anterior e não estão representados aqui.



**FIGURA 69: gráfico Cp vs p para a variável CORTES (tabela 7)**

Neste caso, os resultados indicam que as equações N<sup>o</sup>8, 11 e 12 descreveriam adequadamente o comportamento da variável dependente CORTES. Os modelos completos, junto a uma tabela de valores (tabela 8) observados e valores estimados, segundo as equações consideradas, apresentam-se a seguir:

Equação N<sup>o</sup>8:

$$\text{CORTES} = 6,692 + 0,360 (\text{TE}) - 0,098 (\text{AGVIA}\%)$$

$(\pm 1,364)$     $(\pm 0,020)$     $(\pm 0,039)$

Equação N<sup>o</sup>11:

$$\text{CORTES} = 4,843 + 0,371 (\text{TE}) - 0,004 (\text{ATCVIA}) + 0,036 (\text{AOLVIA}\%) + 0,035 (\text{EGVIA})$$

$(\pm 2,812)$     $(\pm 0,022)$     $(\pm 0,010)$     $(\pm 0,027)$     $(\pm 0,047)$   
 $- 0,100 (\text{AGVIA}\%)$   
 $(\pm 0,052)$

Equação N°12:

$$\begin{aligned} \text{CORTES} = & 5,392 + 0,371 (\text{TE}) - 0,008 (\text{ATCVIA}) + 0,035 (\text{AOLVIA}\%) + 0,036 (\text{EGVIA}) \\ & (\pm 6,017) \quad (\pm 0,022) \quad (\pm 0,035) \quad (\pm 0,028) \quad (\pm 0,047) \\ & + 0,042 (\text{AGVIA}) - 0,167 (\text{AGVIA}\%) \\ & (\pm 0,410) \quad (\pm 0,649) \end{aligned}$$

Cross et al. (1983) obtiveram valores de  $R^2=0,936$  e  $Cp=5,10$  para um modelo de 5 termos, medidas por VIA, na estimativa dos kg de carne magra da 9-10-11<sup>a</sup> costela de carcaças bovinas. Wassenberg et al. (1.986) publicaram valores parecidos ( $R^2=0,956$ ;  $Cp=7,08$ ) para uma equação de 5 termos, incluindo o peso da meia carcaça e parâmetros VIA, na estimativa dos kg dos cortes primários. Os resultados dos modelos correspondentes às equações N°2, 3, 4, 5 e 6 e às equações N°8, 11 e 12 podem ser considerados muito bons para a estimativa do peso dos cortes do traseiro especial, nas condições estudadas, levando em conta que o método de preparação e limpeza dos cortes do quarto traseiro, que representam aqui a variável de resposta, obedeceu às normas de exportação para um mercado determinado e não aos objetivos específicos desta pesquisa.

Tabela 8: Valores observados e valores previstos do peso dos cortes do traseiro especial (kg), usando a variável TE, segundo as equações No 8, 11 e 12.

<u>Amostra</u>	<u>Valores</u>		<u>Valores Estimados</u>	
	<u>No</u>	<u>Observados</u>	<u>Eq. 8</u>	<u>Eq. 11</u>
1	33,200	32,316	32,424	32,292
2	33,390	32,676	32,849	32,742
3	31,455	31,351	31,728	31,587
4	31,910	31,283	31,538	31,406
5	32,405	31,681	31,858	31,733
6	32,250	30,974	31,139	31,010
7	32,040	32,821	32,901	32,782
8	31,150	32,781	32,548	32,443
9	31,840	33,333	33,373	33,246
10	32,510	32,918	32,803	32,685
11	29,415	28,959	29,039	28,919
12	29,665	29,274	28,993	28,862
13	29,555	28,143	28,018	27,901
14	29,625	29,523	29,565	29,427
15	32,135	31,672	31,591	31,477
16	31,835	31,307	31,136	31,013
17	27,120	29,071	28,982	28,866
18	28,475	29,192	29,471	29,346
19	28,375	28,739	28,908	28,775
20	28,655	28,664	28,660	28,534
21	30,220	30,098	30,006	29,884
22	28,670	28,945	29,155	29,026
23	28,940	29,750	29,383	29,251
24	30,285	29,519	29,576	29,421
25	30,225	30,245	29,971	29,794
26	31,025	30,627	30,809	30,679
27	30,445	29,966	29,990	29,859
28	29,915	30,048	30,323	30,189
29	29,640	29,395	29,287	29,159
30	29,415	29,479	29,594	29,470
31	28,325	29,091	29,247	29,112
32	26,040	26,225	26,217	26,112
33	27,065	27,166	27,323	27,219
34	27,270	27,241	27,194	27,087
35	29,005	28,011	28,068	27,953
36	28,515	28,177	28,408	28,287
37	26,010	26,014	25,758	25,643
38	28,450	26,844	27,062	26,926
39	29,270	28,563	28,681	28,549
40	27,395	27,893	28,074	27,941
41	25,075	25,876	25,663	25,533
42	34,175	32,737	33,054	32,931
43	26,180	27,195	27,306	27,163
44	27,375	27,613	27,811	27,686
45	26,680	25,800	26,062	25,935
46	26,255	26,613	26,618	26,457
47	27,155	26,708	26,871	26,747
48	27,325	28,347	28,703	28,584
49	28,590	29,301	29,358	29,194
50	27,570	28,117	28,438	28,313
51	29,780	29,975	30,069	29,941

### 5.3.2. COMPARAÇÃO DE ESTIMATIVAS POR FAIXAS DE PESO DE CARCAÇAS

As tabelas 9 e 10 apresentam os valores estimados e os valores observados dos pesos dos cortes do traseiro especial (CORTES), agrupados segundo as faixas consideradas para os pesos das carcaças inteiras, correspondentes a cada amostra analisada. Apresentam-se, também, nas figuras 70 a 77 os gráficos que relacionam os valores observados daqueles cortes e os valores estimados pelas melhores equações de regressão obtidas com as faixas de peso: A (230-250 kg), B (250-270 kg), C (270-290 kg), D (290-310 kg) e E (310-330 kg), arbitrariamente estabelecidas.

O objetivo foi visualizar o comportamento das diferentes equações de predição nas distintas faixas de peso, comparando os valores estimados da variável CORTES com os valores reais, em cada uma destas faixas. Uma observação cuidadosa dos gráficos parece revelar que aquelas equações que incluem a variável MC (N<sup>0</sup>2, 3, 4, 5 e 6) tendem, em geral, a oferecer melhores estimativas para as faixas A, B e C do que para as faixas D e E, fornecendo, neste último caso, valores sobrestimados. As previsões para a faixa D aparecem sendo subestimadas, porém o pequeno número de amostras estudado não permite realizar maiores inferências. Por outro lado, deve-se ressaltar que a equação N<sup>0</sup>4 parece oferecer valores excessivos para quase todas as faixas.

As equações que incluíam a variável TE (N<sup>0</sup>8, 11 e 12) não parecem apresentar os inconvenientes detalhados anteriormente, a respeito das estimativas para a faixa E, mas parecem subestimar ligeiramente os valores para a faixa A. Quando consideram-se todas as faixas de peso, a equação N<sup>0</sup>8 parece ser a mais conveniente. Ressalte-se aqui, também, os problemas apresentados pela faixa D, provavelmente, pelos motivos já apontados.

Isto foi comprovado através de um teste de comparação de médias dos resíduos para cada equação e faixa de peso. Assim, as observações efetuadas mostrariam que as equações N<sup>0</sup>2, 3, 5 e 6 podem ser utilizadas para a predição do peso dos cortes do traseiro especial, especialmente quando os pesos das carcaças localizam-se nas faixas A, B e C e as equações N<sup>0</sup>11 e 12 para as carcaças de maior peso (faixa E). Entretanto, a equação N<sup>0</sup>8 parece ser a mais indicada para qualquer faixa de peso de carcaça.

**Tabela 9: Comparação de valores previstos contra valores observados dos pesos dos cortes do traseiro especial (kg), utilizando a variável MC, para cada uma das amostras, agrupadas por faixas de peso das carcaças.**

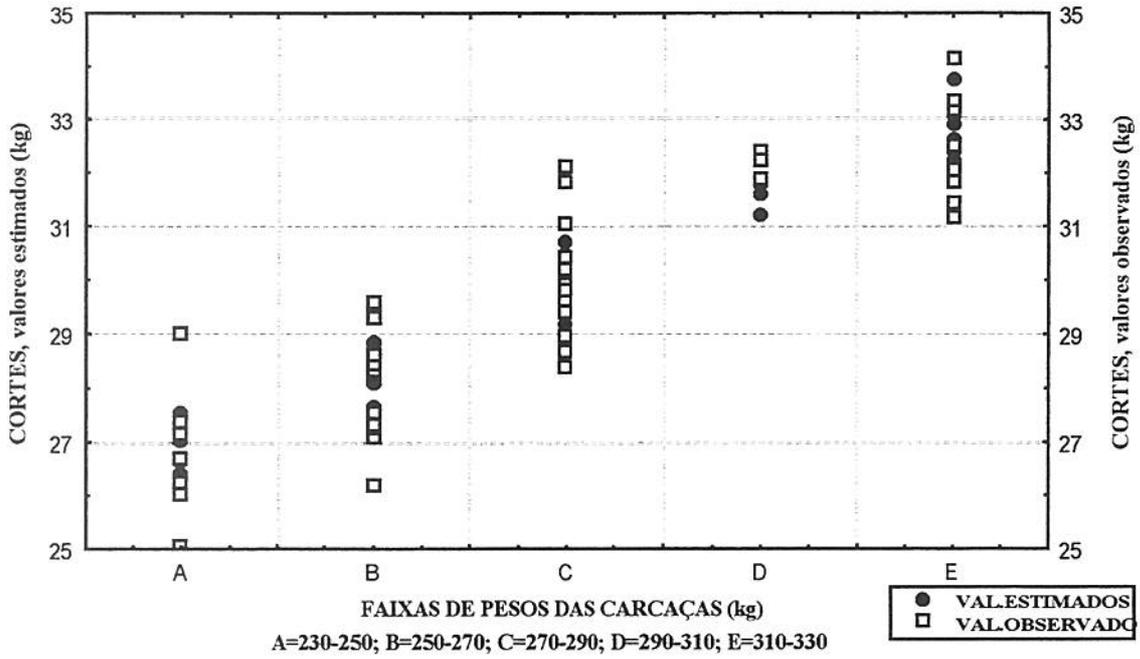
<u>AMOSTRA</u>	<u>FAIXAS</u> <u>DE PESO(1)</u>	<u>CORTES (kg), VALORES ESTIMADOS</u>					<u>CORTES (kg)</u>
		<u>Eq. No 2</u>	<u>Eq. No 3</u>	<u>Eq. No 4</u>	<u>Eq. No 5</u>	<u>Eq. No 6</u>	<u>VAL. OBS.</u>
32	A	27,056	27,089	27,623	27,097	27,030	26,040
35	A	27,569	27,579	28,105	27,587	27,515	29,005
37	A	26,337	26,258	27,559	26,250	26,158	26,010
41	A	26,420	26,349	27,575	26,555	26,471	25,075
45	A	26,662	26,705	27,482	26,507	26,451	26,680
46	A	27,380	27,435	27,654	27,717	27,632	26,255
47	A	27,097	27,210	28,078	27,146	27,092	27,155
44	A	27,032	27,088	27,627	27,050	26,985	27,375
11	B	28,852	28,966	29,498	28,950	28,890	29,415
13	B	28,594	28,545	29,196	28,691	28,606	29,555
17	B	28,604	28,635	29,898	28,495	28,426	27,120
18	B	29,351	29,482	29,843	29,393	29,336	28,475
33	B	27,667	27,600	28,316	27,222	27,167	27,065
34	B	27,640	27,597	28,376	27,721	27,648	27,270
36	B	27,424	27,574	28,614	27,924	27,837	28,515
38	B	27,108	27,308	29,147	27,212	27,183	28,450
39	B	28,150	28,176	29,317	28,195	28,133	29,270
40	B	27,458	27,529	28,412	27,604	27,533	27,395
31	B	28,127	28,102	28,574	28,197	28,113	28,325
43	B	27,376	27,494	29,015	27,614	27,568	26,180
48	B	27,621	27,671	28,413	27,299	27,254	27,325
49	B	28,678	28,733	29,247	29,002	28,914	28,590
50	B	28,243	28,413	29,453	28,267	28,222	27,570
12	C	28,994	28,912	30,399	29,213	29,126	29,665
14	C	28,874	28,833	30,196	28,923	28,849	29,625
15	C	30,286	30,279	31,208	30,576	30,497	32,135
16	C	30,713	30,677	31,092	30,828	30,738	31,835
19	C	29,362	29,351	30,403	29,290	29,222	28,375
20	C	29,683	29,656	30,497	29,708	29,629	28,655
21	C	30,313	30,329	31,312	30,375	30,302	30,220
22	C	29,678	29,654	30,938	29,647	29,570	28,670
23	C	29,875	29,835	30,767	29,633	29,551	28,940
24	C	29,657	29,697	30,280	29,889	29,802	30,285
25	C	29,477	29,437	29,922	29,513	29,417	30,225
26	C	30,695	30,747	31,196	30,738	30,666	31,025
27	C	30,015	29,982	30,722	30,051	29,968	30,445
28	C	30,492	30,483	31,305	30,428	30,354	29,915
29	C	29,711	29,626	30,707	29,689	29,594	29,640
30	C	29,925	29,968	30,778	29,939	29,873	29,415
51	C	29,188	29,153	30,048	29,181	29,104	29,780
4	D	31,586	31,607	31,919	31,591	31,515	31,910
5	D	31,754	31,809	32,805	31,740	31,677	32,405
6	D	31,226	31,247	32,305	31,198	31,132	32,250
7	E	33,072	33,131	34,003	33,127	33,061	32,040
8	E	32,888	32,971	33,578	33,120	33,048	31,150
9	E	32,478	32,476	33,607	32,713	32,639	31,840
10	E	32,247	32,269	33,253	32,338	32,264	32,510
42	E	33,773	33,865	34,674	33,686	33,630	34,175
1	E	32,390	32,400	33,230	32,381	32,302	33,200
2	E	32,651	32,796	33,251	32,714	32,659	33,390
3	E	33,086	33,040	33,526	33,025	32,939	31,455

(1) Faixas de peso das carcaças (kg), A: 230,0-249,9; B: 250,0-269,9; C: 270,0-289,9; D: 290,0-310,0; E: 310,0-330,0.

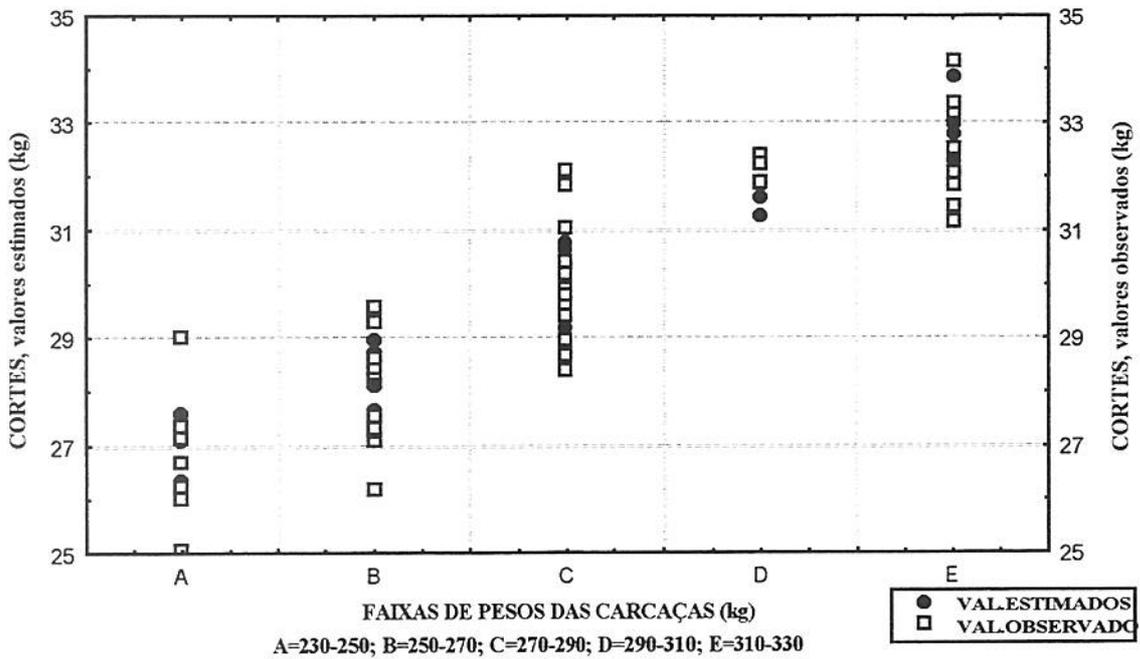
Tabela 10: Comparação de valores previstos contra valores observados dos pesos dos cortes do traseiro especial (kg), utilizando a variável TE, para cada uma das amostras, agrupadas por faixas de peso das carcaças.

<u>AMOSTRA</u>	<u>FAIXAS</u> <u>DE PESO(1)</u>	<u>CORTES (kg), VALORES PREVISTOS</u>			<u>CORTES (kg)</u> <u>VAL. OBS.</u>
		<u>Eq. No 8</u>	<u>Eq. No 11</u>	<u>Eq. No 12</u>	
32	A	26,225	25,990	26,112	26,040
35	A	28,011	27,815	27,953	29,005
37	A	26,014	24,896	25,643	26,010
41	A	25,876	25,103	25,533	25,075
44	A	27,613	27,517	27,686	27,375
45	A	25,800	25,682	25,935	26,680
46	A	26,613	26,452	26,457	26,255
47	A	26,708	26,430	26,747	27,155
11	B	28,959	28,764	28,919	29,415
13	B	28,143	27,722	27,901	29,555
17	B	29,071	28,227	28,866	27,120
18	B	29,192	29,244	29,346	28,475
31	B	29,091	28,954	29,112	28,325
33	B	27,166	27,132	27,219	27,065
34	B	27,241	26,938	27,087	27,270
36	B	28,177	27,457	28,287	28,515
38	B	26,844	26,227	26,926	28,450
39	B	28,563	28,197	28,549	29,270
40	B	27,893	27,513	27,941	27,395
43	B	27,195	26,716	27,163	26,180
48	B	28,347	28,395	28,584	27,325
49	B	29,301	28,962	29,194	28,590
50	B	28,117	27,855	28,313	27,570
12	C	29,274	28,339	28,862	29,665
14	C	29,523	28,947	29,427	29,625
15	C	31,672	31,234	31,477	32,135
16	C	31,307	30,922	31,013	31,835
19	C	28,739	28,402	28,775	28,375
20	C	28,664	28,236	28,534	28,655
21	C	30,098	29,512	29,884	30,220
22	C	28,945	28,388	29,026	28,670
23	C	29,750	28,803	29,251	28,940
24	C	29,519	29,141	29,421	30,285
25	C	30,245	29,622	29,794	30,225
26	C	30,627	30,531	30,679	31,025
27	C	29,966	29,576	29,859	30,445
28	C	30,048	29,846	30,189	29,915
29	C	29,395	28,582	29,159	29,640
30	C	29,479	29,186	29,470	29,415
51	C	29,975	29,624	29,941	29,780
4	D	31,283	31,309	31,406	31,910
5	D	31,681	31,348	31,733	32,405
6	D	30,974	30,609	31,010	32,250
1	E	32,316	31,900	32,292	33,200
2	E	32,676	32,618	32,742	33,390
3	E	31,351	31,363	31,587	31,455
7	E	32,821	32,477	32,782	32,040
8	E	32,781	32,287	32,443	31,150
9	E	33,333	32,930	33,246	31,840
10	E	32,918	32,326	32,685	32,510
42	E	32,737	32,622	32,931	34,175

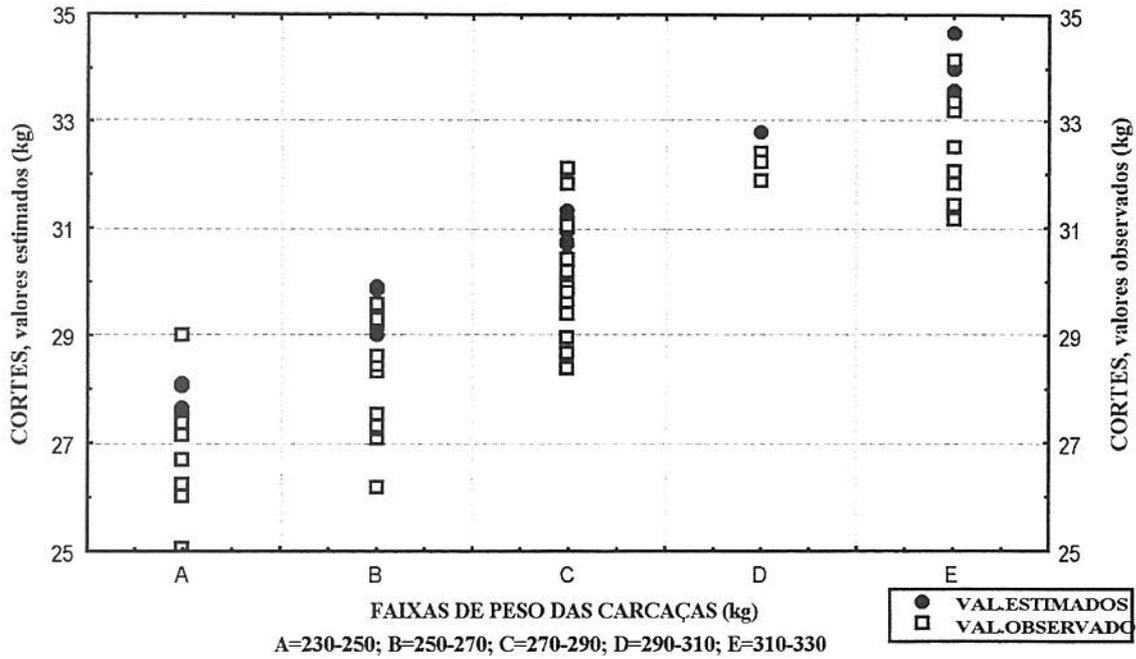
(1) Faixas de peso das carc.(kg), A: 230,0-249,9; B: 250,0-269,9; C: 270,0-289,9; D: 290,0-310,0; E: 310,0-330,0.



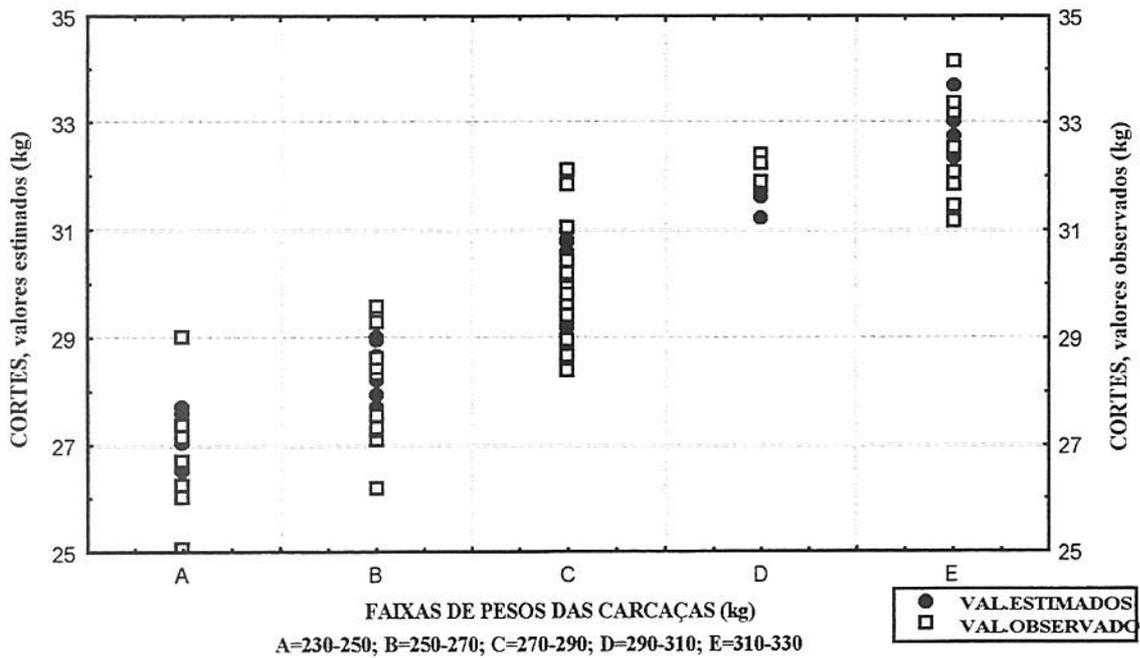
**FIGURA 70: relação entre valores observados, valores estimados e faixas de peso das carcaças inteiras (equação N<sup>02</sup>)**



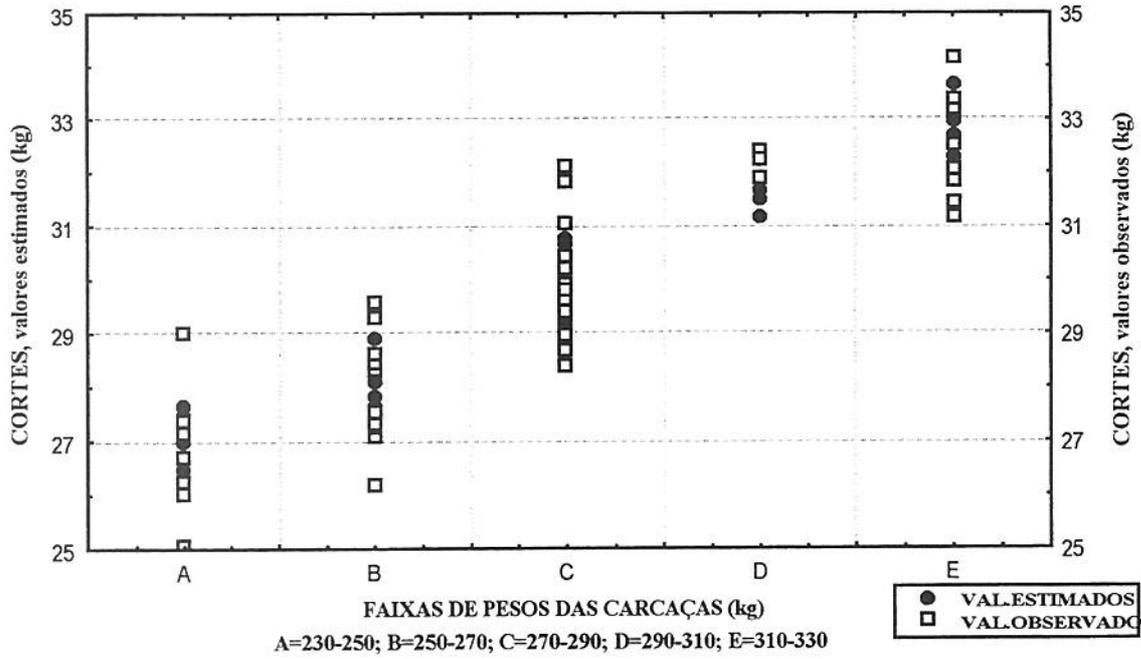
**FIGURA 71: relação entre valores observados, valores estimados e faixas de peso das carcaças inteiras (equação N<sup>03</sup>)**



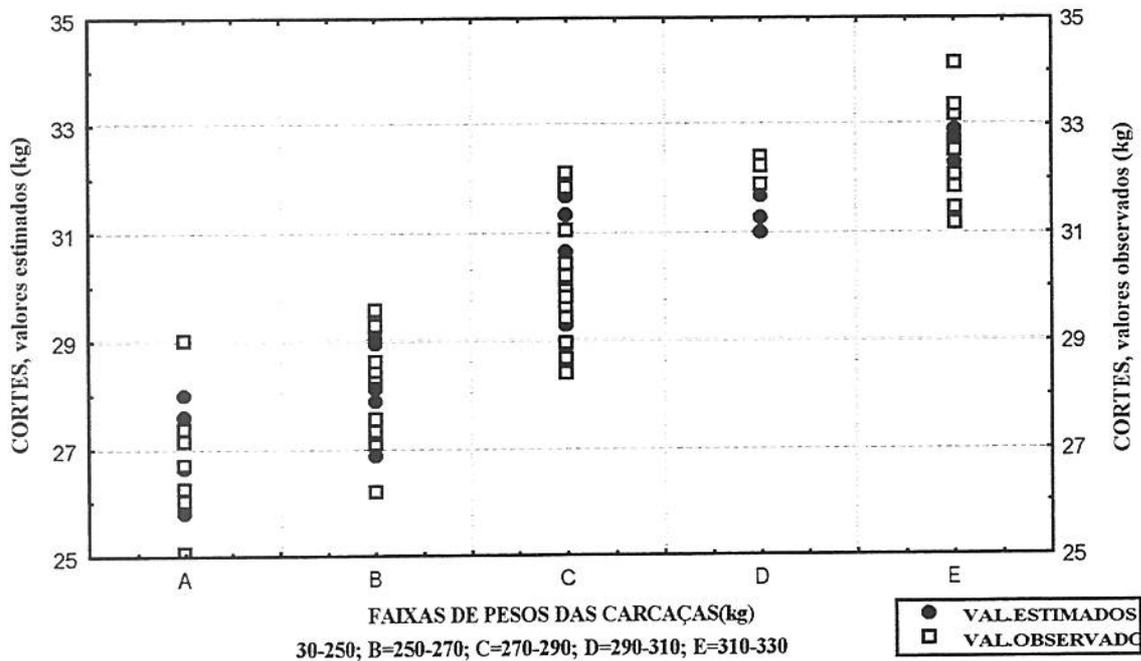
**FIGURA 72 : relação entre valores observados, valores estimados e faixas de peso das carcaças inteiras (equação N<sup>04</sup>)**



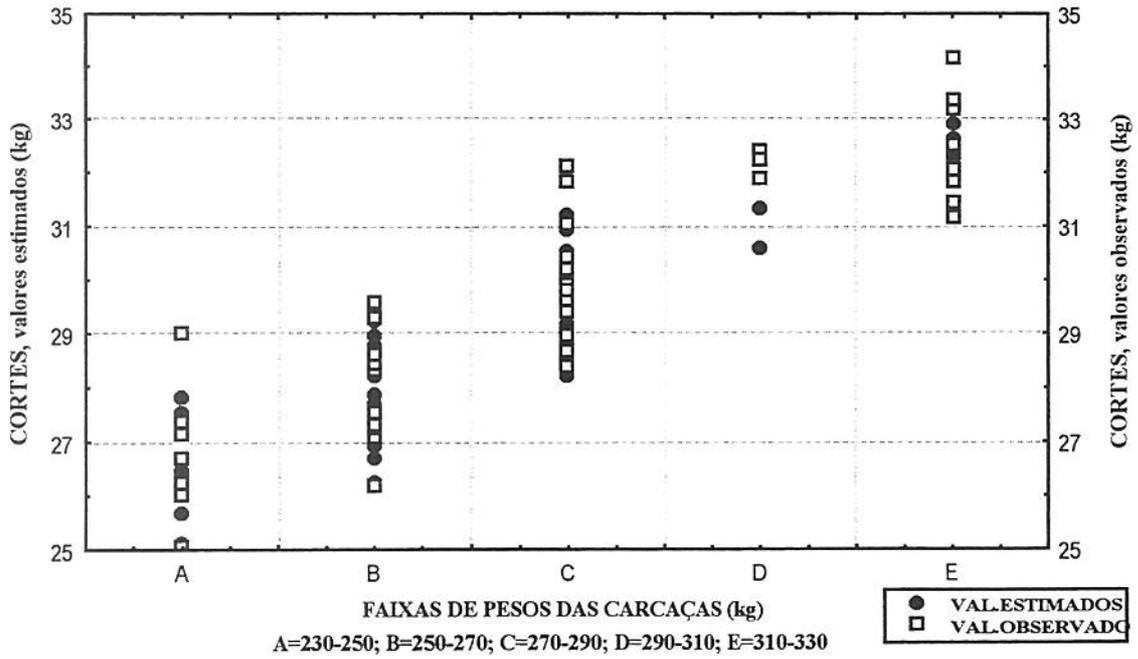
**FIGURA 73: relação entre valores observados, valores estimados e faixas de peso das carcaças inteiras (equação N<sup>05</sup>)**



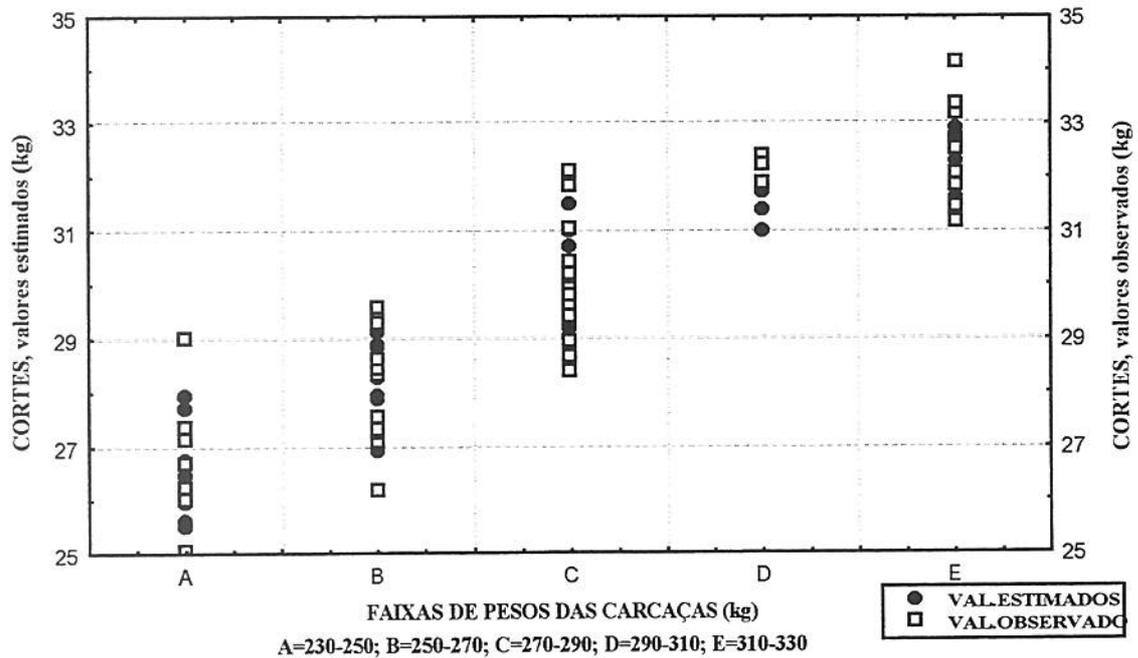
**FIGURA 74:** relação entre valores observados, valores estimados e faixas de peso das carcaças inteiras (equação N<sup>o</sup>6)



**FIGURA 75:** relação entre valores observados, valores estimados e faixas de peso das carcaças inteiras (equação N<sup>o</sup>8)



**FIGURA 76: relação entre valores observados, valores estimados e faixas de peso das carcaças inteiras (equação N<sup>o</sup>11)**



**FIGURA 77: relação entre valores observados, valores estimados e faixas de peso das carcaças inteiras (equação N<sup>o</sup>12)**

### 5.3.3. PREDIÇÃO DO RENDIMENTO DOS CORTES DO TRASEIRO ESPECIAL

Quando a variável de resposta foi o rendimento dos cortes do traseiro especial (CORTES%), os resultados obtidos para o mesmo subgrupo de variáveis independentes do ponto anterior apresentam-se nas tabelas 11 e 12. Os gráficos Cp vs p correspondentes (figuras 78 e 79) indicam que os melhores modelos seriam as equações N<sup>o</sup>17 e 18 e as equações N<sup>o</sup>19 e 24, para o segundo caso. O exame visual dos gráficos de resíduos para esses modelos não indica a presença de valores destoantes.

**Tabela 11. Previsão da porcentagem dos cortes do Traseiro Especial usando MC (N=51).**

<u>Eq.No</u>	<u>R2</u>	<u>MSE</u>	<u>Cp</u>	<u>Interc.</u>	<u>MC(1)</u>	<u>MATUR</u>	<u>ATCVIA</u>	<u>AOLVIA</u>	<u>AOLVIA%</u>	<u>EGVIA</u>	<u>AGVIA</u>	<u>AGVIA%</u>
13	0,371	0,47	2,67	27,11	-0,041							
14	0,446	0,43	-1,32	27,81	-0,042							-0,082
15	0,451	0,43	0,35	27,81	-0,042					0,023		-0,096
16	0,452	0,44	2,28	27,79	-0,041	-0,015				0,021		-0,096
17	0,453	0,45	4,14	26,63	-0,040	-0,021	0,007			0,018		-0,060
18	0,468	0,45	5,00	43,58	-0,042	-0,017	-0,097	0,227	-0,360		-0,058	

(1)MC: peso (kg) da meia carcaça; MATUR: núm. de dentes; ATCVIA: área total do contrafilé, medida por VIA

(cm2); AOLVIA: área de olho de lombo (cm2); AOLVIA%: porcentagem da área de olho de lombo; EGVIA: espessura da gordura (mm);

AGVIA: área da gordura (cm2); AGVIA%: porcentagem da área da gordura.

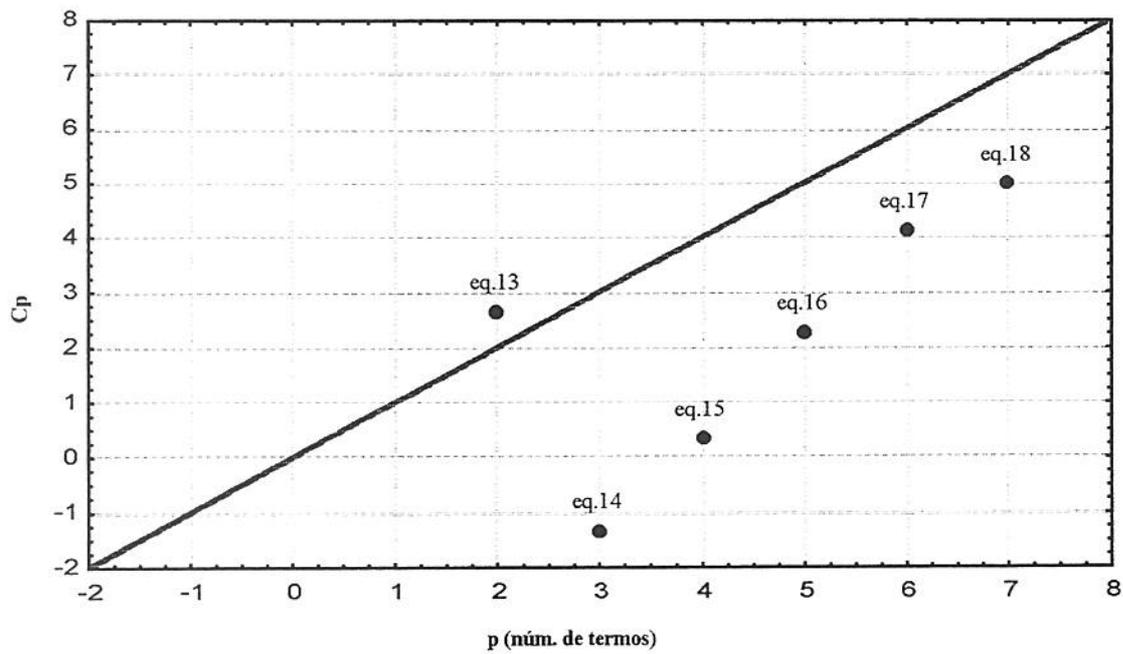
**Tabela 12. Previsão da porcentagem dos Cortes do Traseiro Especial usando TE (N=51).**

<u>Eq.No</u>	<u>R2</u>	<u>MSE</u>	<u>Cp</u>	<u>Interc.</u>	<u>TE(1)</u>	<u>MATUR</u>	<u>ATCVIA</u>	<u>EGVIA</u>	<u>AGVIA</u>	<u>AGVIA%</u>
19	0,213	0,59	1,63	26,09	-0,071					
20	0,290	0,55	-1,13	26,82	-0,072					-0,083
21	0,297	0,55	0,41	26,71	-0,067	-0,042				-0,085
22	0,304	0,56	1,97	25,11	-0,066	-0,052	0,010		-0,053	
23	0,305	0,57	3,91	25,13	-0,066	-0,049	0,010	0,011	-0,058	
24	0,306	0,58	5,87	24,14	-0,066	-0,052	0,017	0,009	-0,136	0,124

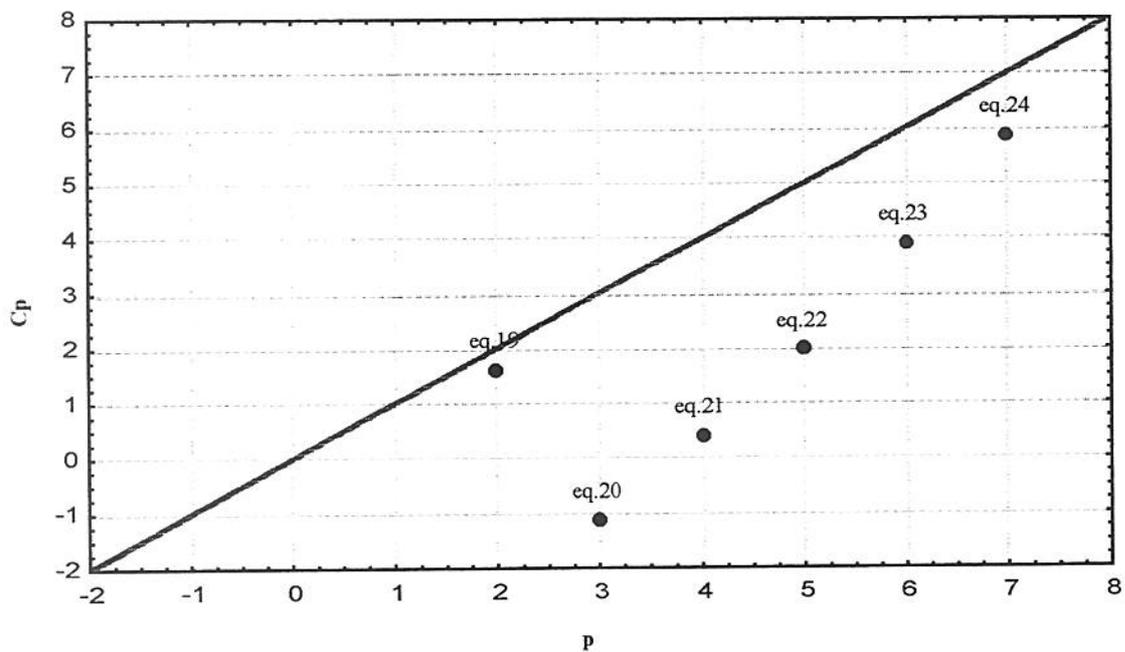
(1)TE: peso (kg) dos cortes do traseiro especial; ATCVIA: área total do contrafilé, medida por VIA (cm2); AOLVIA: área

de olho de lombo (cm2); AOLVIA%: porcentagem da área de olho de lombo; EGVIA: espessura da gordura (mm); AGVIA: área da

gordura (cm2); AGVIA%: porcentagem da área da gordura.



**FIGURA 78:** gráfico Cp vs p para a variável CORTES% (tabela 11)



**FIGURA 79:** gráfico Cp vs p para a variável CORTES% (tabela 12)

Estas equações oferecem uma acurácia relativamente baixa. Os resultados obtidos para as equações N°17 e 18 ( $R^2=0,453$  e  $0,468$ ) são muito semelhantes aos informados por Wassenberg et al. (1.986) para a previsão da porcentagem dos cortes primários usando variáveis VIA ( $R^2=0,464$ ). Mas, Shackelford et al. (1.998) e CROSS et al. (1.983) indicaram  $R^2=0,88$  e  $0,89$  para a estimativa do rendimento (%) de produtos varejistas e para a previsão da porcentagem de carne magra da 9-10-11<sup>a</sup> costela, respectivamente, usando em os ambos casos variáveis determinadas por VIA. Segundo os primeiros autores citados, desejando-se conhecer o rendimento (%), o sistema VIA poderia facilmente estimar os pesos e posteriormente converte-los em porcentagens.

#### 5.3.4 PREDIÇÃO DO PESO DOS CORTES INDIVIDUAIS DO TRASEIRO ESPECIAL

Para aquelas plantas frigoríficas que comercializam a maior parte das carcaças bovinas na forma de cortes secundários, para consumo interno ou exportação, seria de grande importância conhecer o rendimento em cortes deste tipo e determinar, portanto, o valor real de cada carcaça. A utilização do sistema VIA para estimar o peso individual dos cortes do traseiro especial poderia ser de valiosa ajuda, nesse sentido. Com este objetivo, foram desenvolvidos os diversos modelos, representados nas tabelas 13 e 14, para equações com um máximo de 5 variáveis independentes.

**Tabela 13. Previsão do peso dos cortes individuais do Traseiro Especial usando MC (N=51).**

<u>Eq. No.</u>	<u>CORTE(1)</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>MSE</u>	<u>Cp</u>	<u>Interc.</u>	<u>MC(2)</u>	<u>ATCVIA</u>	<u>AOLVIA</u>	<u>AOLVIA%</u>	<u>EGVIA</u>	<u>AGVIA</u>	<u>AGVIA%</u>
25	CxMole	0,452	0,11	7,11	8,342	0,019	-0,033			0,020	0,355	-0,600
26	CxDuro	0,426	0,06	4,28	-1,636	0,015	0,020	-0,040	0,058	-0,012		
27	Lag	0,396	0,05	4,11	0,157	0,014		0,021	-0,024		-0,108	0,163
28	Pat	0,626	0,08	4,01	3,185	0,025	-0,004	-0,010			0,103	-0,184
29	Alc	0,721	0,11	4,53	11,212	0,035	-0,061	0,141	-0,240		-0,016	
30	Contr	0,522	0,18	5,20	3,790	0,033	0,029		0,018		-0,281	0,431
31	Filem	0,536	0,02	4,31	-1,583	0,012	0,012	-0,028	0,041		-0,001	

(1) CORTE: coxão mole, coxão duro, lagarto, patinho, alcatra, contrafilé e filé mignon.

(2)MC: peso (kg) da meia carcaça; ATCVIA: área total do contrafilé, medida por VIA (cm<sup>2</sup>); AOLVIA: área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>); AOLVIA%: porcentagem da área de olho de lombo; EGVIA: espessura da gordura (mm); AGVIA: área da gordura (cm<sup>2</sup>); AGVIA%: porcentagem da área da gordura.

**Tabela 14. Previsão do Peso dos Cortes Individuais do Traseiro Especial usando TE (N=51).**

<u>Eq.No.</u>	<u>CORTE(1)</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>MSE</u>	<u>C<sub>p</sub></u>	<u>Interc.</u>	<u>TE(2)</u>	<u>ATCVIA</u>	<u>AOLVIA</u>	<u>AOLVIA%</u>	<u>EGVIA</u>	<u>AGVIA</u>	<u>AGVIA%</u>
32	CxMole	0,493	0,10	6,43	8,521	0,047	-0,037			0,022	0,390	-0,654
33	CxDuro	0,518	0,05	4,14	-4,984	0,040	0,036	-0,077	0,121	-0,007		
34	Lag	0,428	0,05	4,10	-0,422	0,034		0,008		0,006	-0,051	0,073
35	Pat	0,737	0,05	4,21	1,186	0,065		-0,029	0,039		0,142	-0,238
36	Alc	0,721	0,11	4,17	7,265	0,084	-0,043	0,096	-0,159			-0,018
37	Contr	0,472	0,20	5,89	0,095	0,074		0,016		0,025	-0,058	0,069
38	Filem	0,524	0,02	4,20	-3,280	0,028	0,020	-0,047	0,075	0,002		

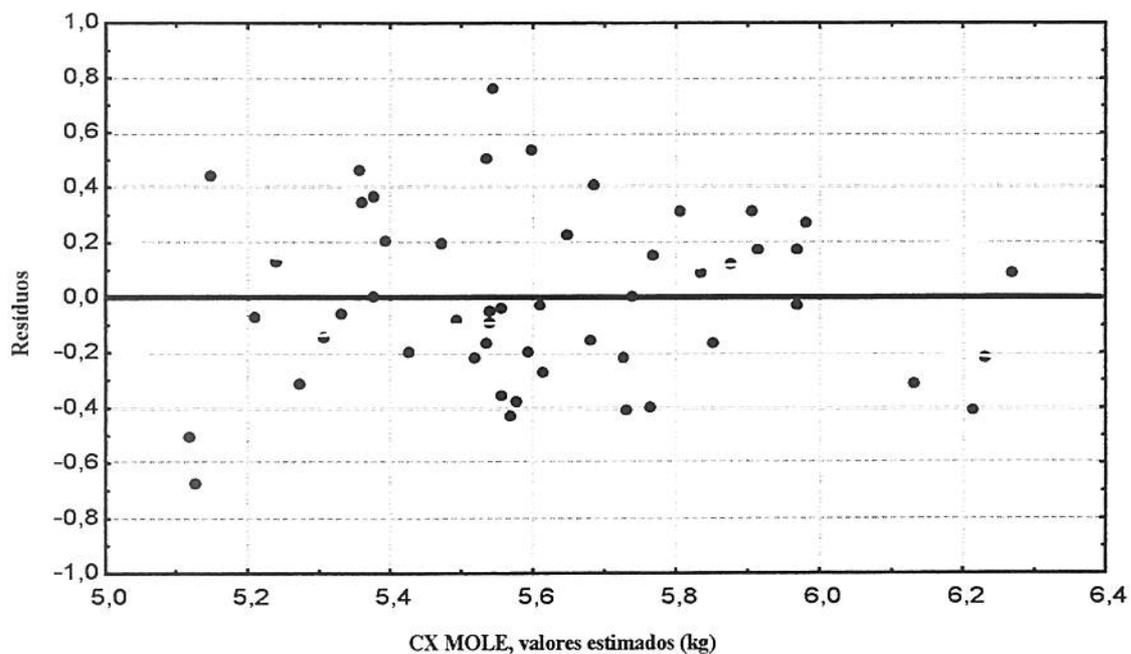
(1) CORTE: coxão mole, coxão duro, lagarto, patinho, alcatra, contrafilé e filé mignon.

(2)TE: peso (kg) dos cortes do traseiro especial; ATCVIA: área total do contrafilé, medida por VIA (cm<sup>2</sup>); AOLVIA: área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>); AOLVIA%: porcentagem da área de olho de lombo; EGVIA: espessura da gordura (mm); AGVIA: área da gordura (cm<sup>2</sup>); AGVIA%: porcentagem da área da gordura.

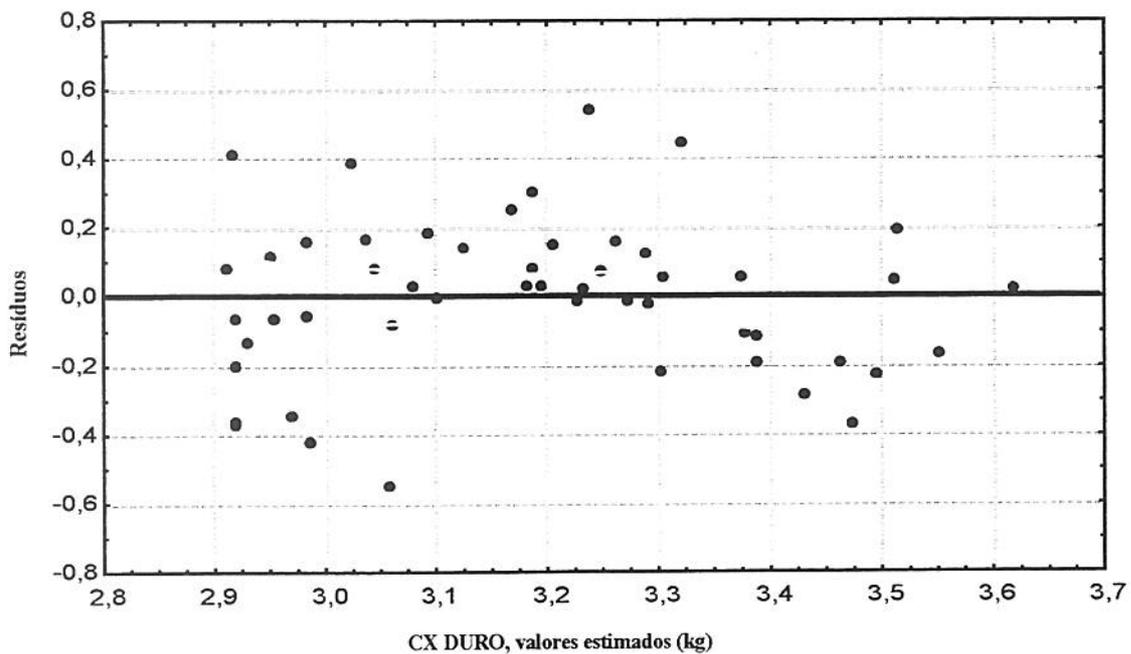
Em algumas equações, de ambas tabelas, observa-se que os interceptos possuem sinal negativo. Isto é simplesmente uma conveniência aritmética e não tem interpretação válida, especialmente quando os valores das variáveis independentes estão distantes da origem (Bender et al., 1982).

A porcentagem da variação total dos valores dos cortes individuais explicada pelos melhores modelos de regressão ficou entre 39,6% e 72,1% quando foi utilizada a variável independente MC (tabela 11) e entre 42,8% e 73,7% quando aquela foi substituída pela variável independente TE (tabela 12).

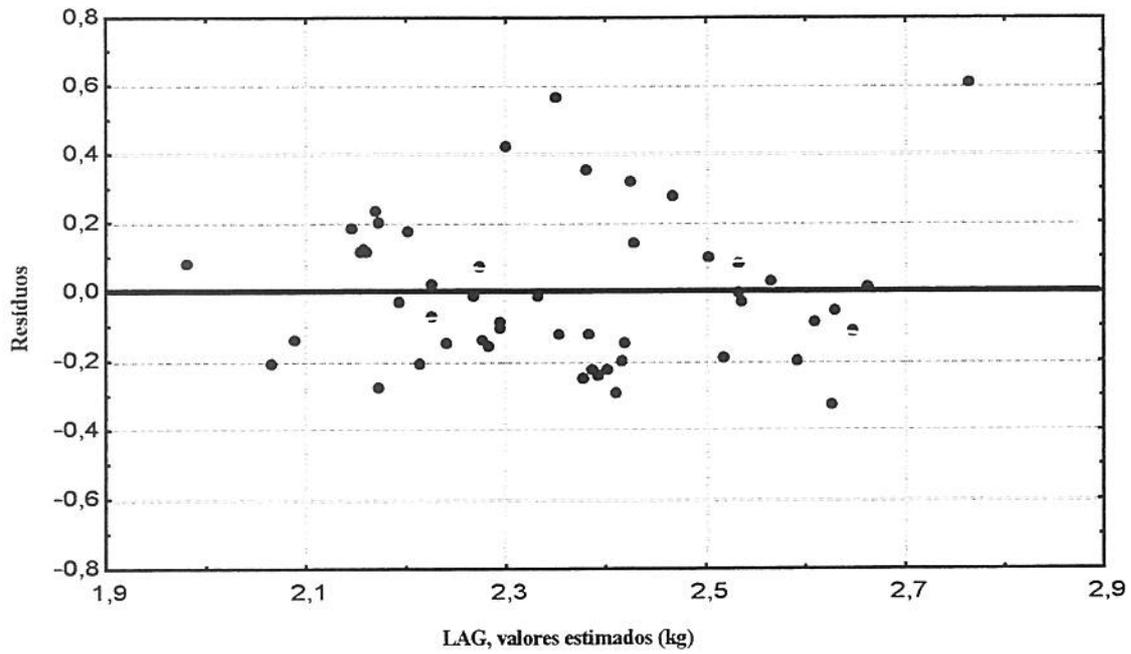
Os gráficos de resíduos (figuras 80 a 86) para os valores estimados de cada um dos cortes individuais, correspondentes à tabela 13, apresentam indícios de não linearidade, em alguns casos. De qualquer forma, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que resultaram com grande variação, podem ser considerados aceitáveis para alguns cortes (patinho e alcatra), embora em geral estejam abaixo do esperado, se comparados aos obtidos por outros pesquisadores (Shackelford et al., 1998), provavelmente por causa do tipo de preparação e aparado efetuado nos cortes, fato mencionado anteriormente.



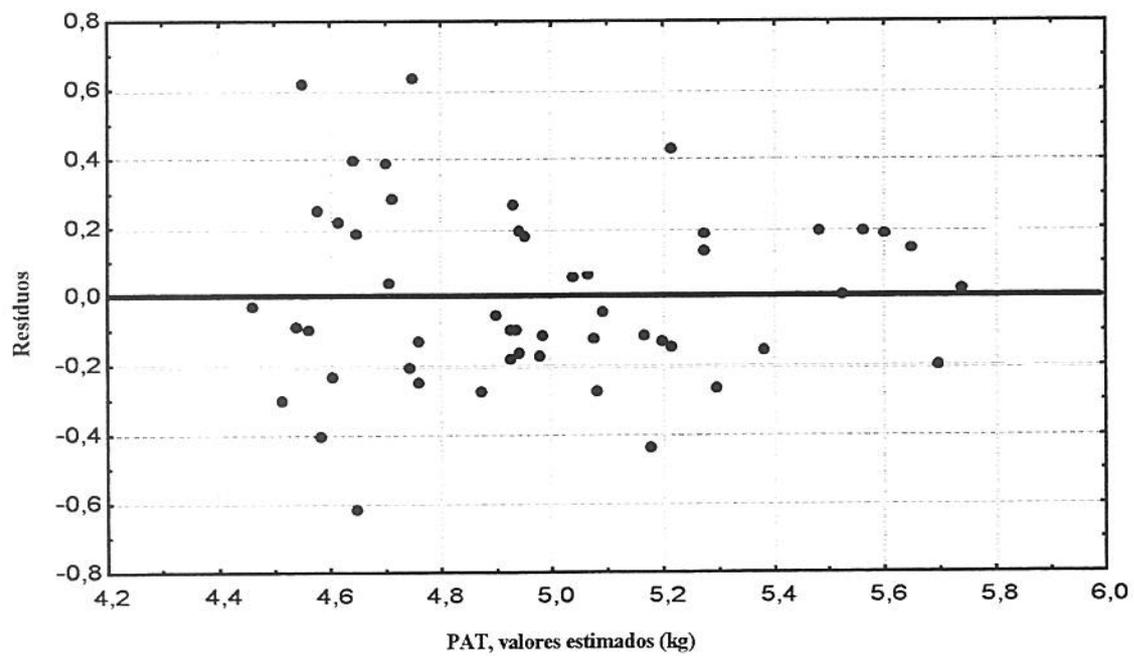
**FIGURA 80: gráfico de resíduos para a variável COXÃO MOLE (tabela 13)**



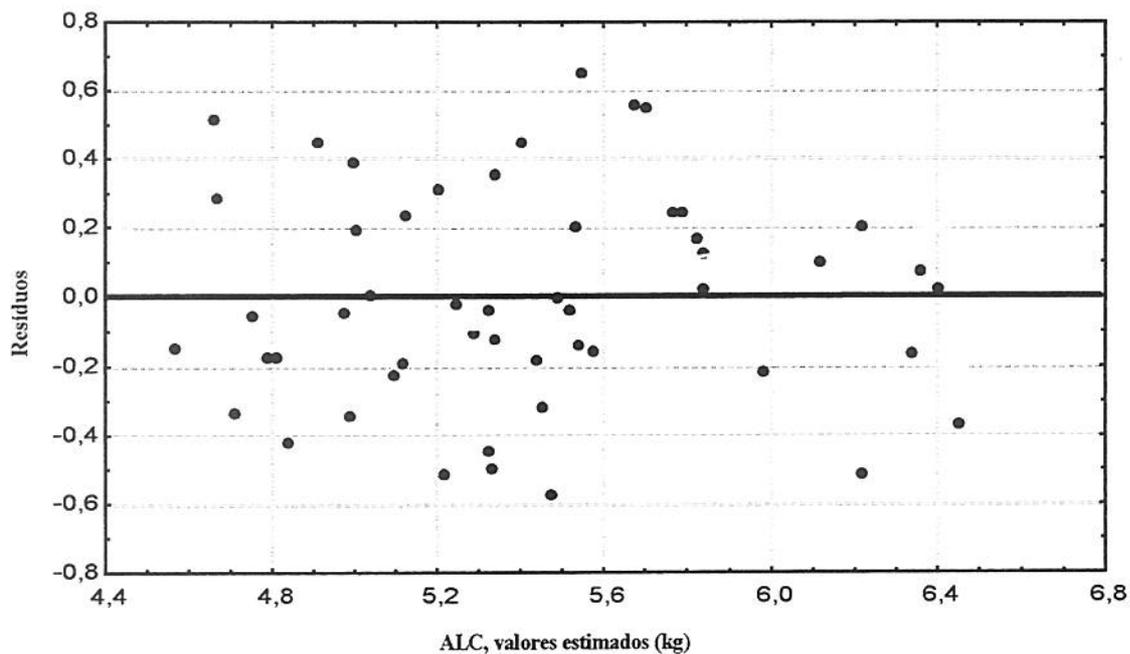
**FIGURA 81: gráfico de resíduos para a variável COXÃO DURO (tabela 13)**



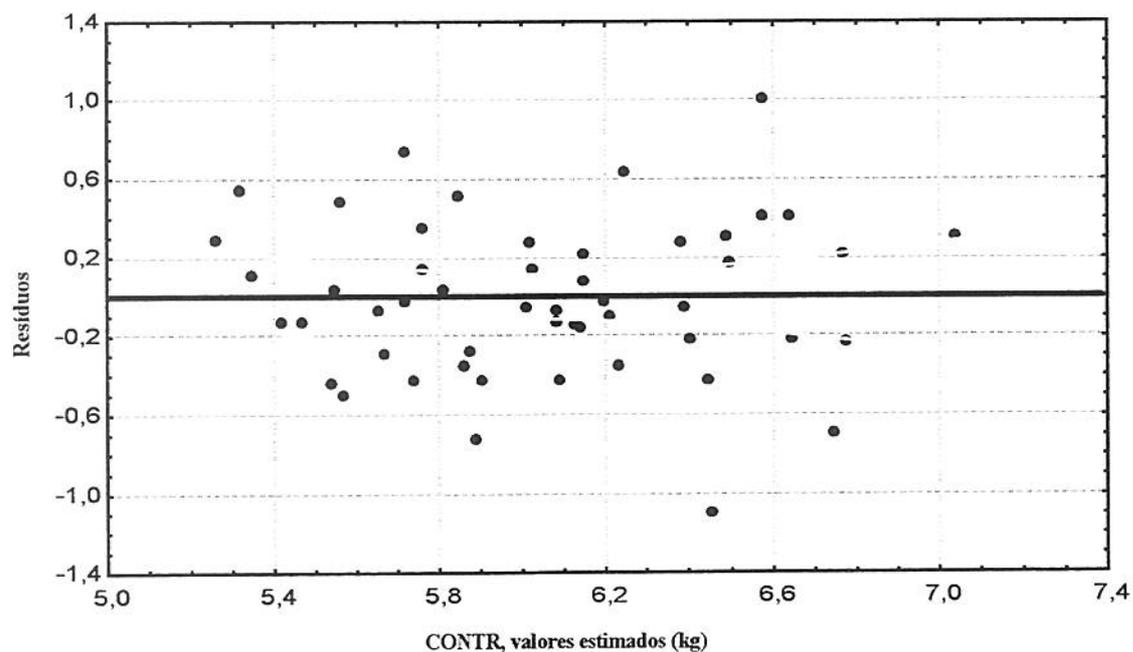
**FIGURA 82: gráfico de resíduos para a variável LAGARTO (tabela 13)**



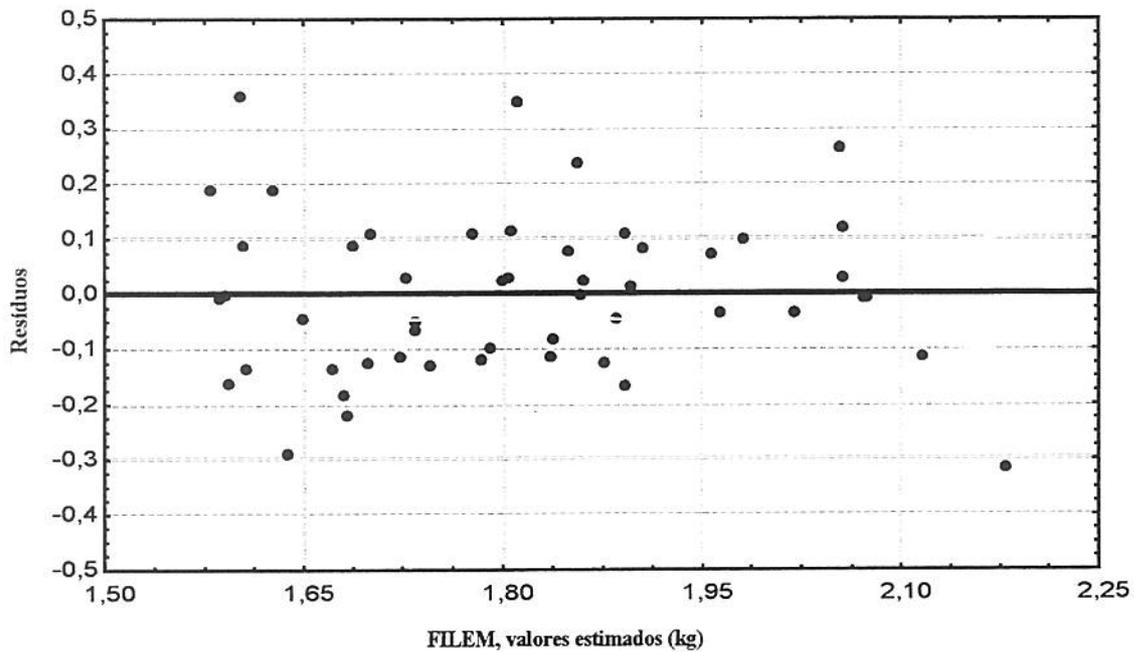
**FIGURA 83: gráfico de resíduos para a variável PATINHO (tabela 13)**



**FIGURA 84: gráfico de resíduos para a variável ALCATRA (tabela 13)**



**FIGURA 85: gráfico de resíduos para a variável CONTRAFILÉ (tabela 13)**



**FIGURA 86: gráfico de resíduos para a variável FILEM MIGNON (tabela 13)**

#### 5.4. REPETIBILIDADE DO SISTEMA DE ANÁLISE DE IMAGEM DIGITAL

Para testar a repetibilidade do sistema de análise de imagem digital foi obtida uma segunda imagem de algumas das amostras, as quais foram posteriormente processadas para determinar os parâmetros VIA já mencionados. Não foram utilizadas aqui aquelas imagens em replicata que também ofereceram alguma dificuldade durante o processamento.

Os valores dos parâmetros VIA (área total do contrafilé, área do olho de lombo, porcentagem da área do olho de lombo, espessura da gordura, área da gordura e porcentagem da área da gordura) obtidos com as replicatas das imagens digitais foram aplicados à equação N<sup>o</sup>6 para a previsão do peso (kg) dos cortes do traseiro especial (tabela 5). Os novos valores previstos, obtidos com esta equação, e os antigos valores previstos, obtidos com a mesma equação, são apresentados na tabela 15, junto ao valor médio das diferenças ( $d_m$ ), desvio padrão ( $S_d$ ), limites de concordância adotados ( $d_m \pm 1,96*S_d$ ) e o coeficiente de repetibilidade ( $1,96*S_d$ ).

Foi analisada, portanto, a repetibilidade da estimativa de uma variável de interesse e não a repetibilidade de cada uma das características medidas por análise de imagem digital. Optou-se por esta metodologia de trabalho por considerar-se que a predição dessa variável representa um dos objetivos principais desta pesquisa

Bland & Altman (1986) afirmaram que constitui um erro utilizar o coeficiente de correlação ( $r$ ) para comparar dois métodos diferentes ou para avaliar a repetibilidade de um sistema. Encontram-se várias razões para isto: 1) O  $r$  mede a força do relacionamento entre duas variáveis, não a concordância entre elas. Só haverá perfeita concordância se os pontos, num gráfico  $X_1, X_2$ , localizam-se ao longo da linha de igualdade ( $X_1=X_2$ ), mas haverá perfeita correlação se os pontos permanecem ao longo de qualquer linha reta. 2) Diferentes escalas de medida não afetam a correlação, mas certamente afetam a concordância. 3) O teste de significância pôde mostrar que duas medidas (ou métodos) estão relacionadas, mas seria surpreendente que não estivessem considerando que são medições de uma mesma quantidade, portanto esse teste é irrelevante para atingir o objetivo desejado. 4) Dados que parecem ser pobres em concordância podem produzir correlações bastante elevadas.

Segundo os autores mencionados, seria mais conveniente para este fim representar graficamente a diferença entre os valores originais e as duplicatas contra as médias para cada amostra. Assumindo que tais diferenças não variam de forma sistemática, calcula-se a diferença média ( $d_m$ ) e o desvio padrão ( $S_d$ ) das diferenças. O valor  $d_m$  não deveria ser significativamente diferente de zero. Utilizando os limites usualmente adotados espera-se que 95% das diferenças sejam menores a duas vezes o desvio padrão. Incidentalmente, resulta interessante mencionar que o coeficiente de correlação ( $r$ ) obtido para este par de variáveis foi de 0,99.

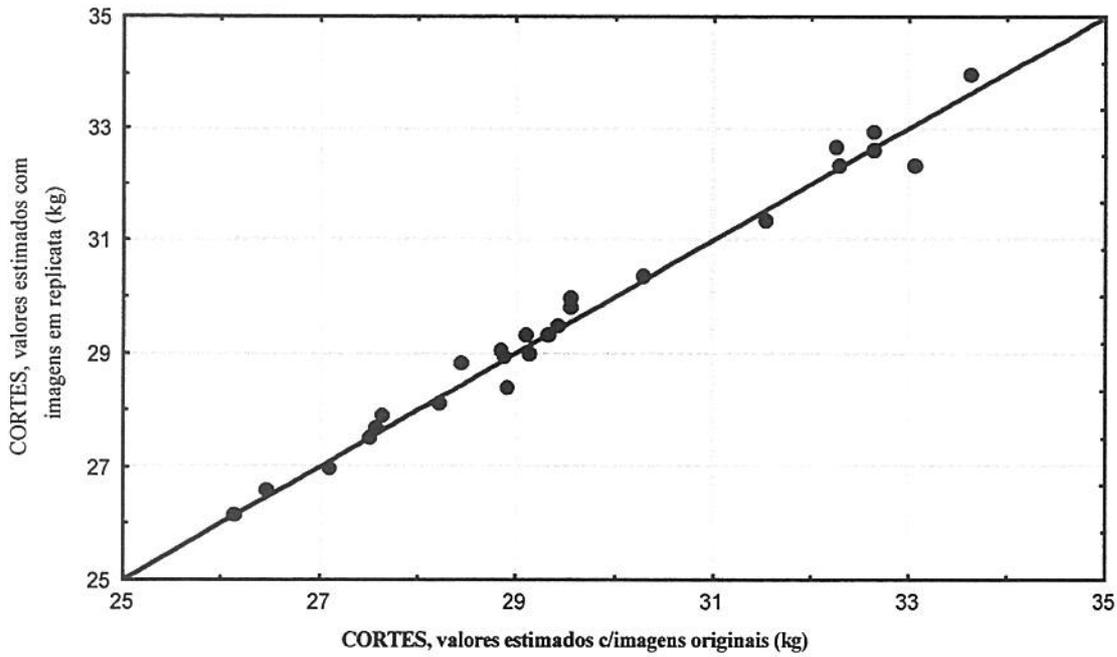
Os valores estimados da variável CORTES, a partir das medidas VIA originais e as replicatas, representam-se na figura 87, incluindo-se aí a linha de igualdade ( $y=x$ ) ou de concordância perfeita entre os pares de valores. Esta permite efetuar um exame inicial do conjunto de dados. Na figura 88 aparecem as diferenças entre ambos os valores estimados contra as médias correspondentes a cada amostra utilizada, incluindo o valor médio das

diferenças ( $d_m$ ), os limites de concordância adotados ( $d_m \pm 1,96*S_d$ ) e o coeficiente de repetibilidade ( $1,96*S_d$ ).

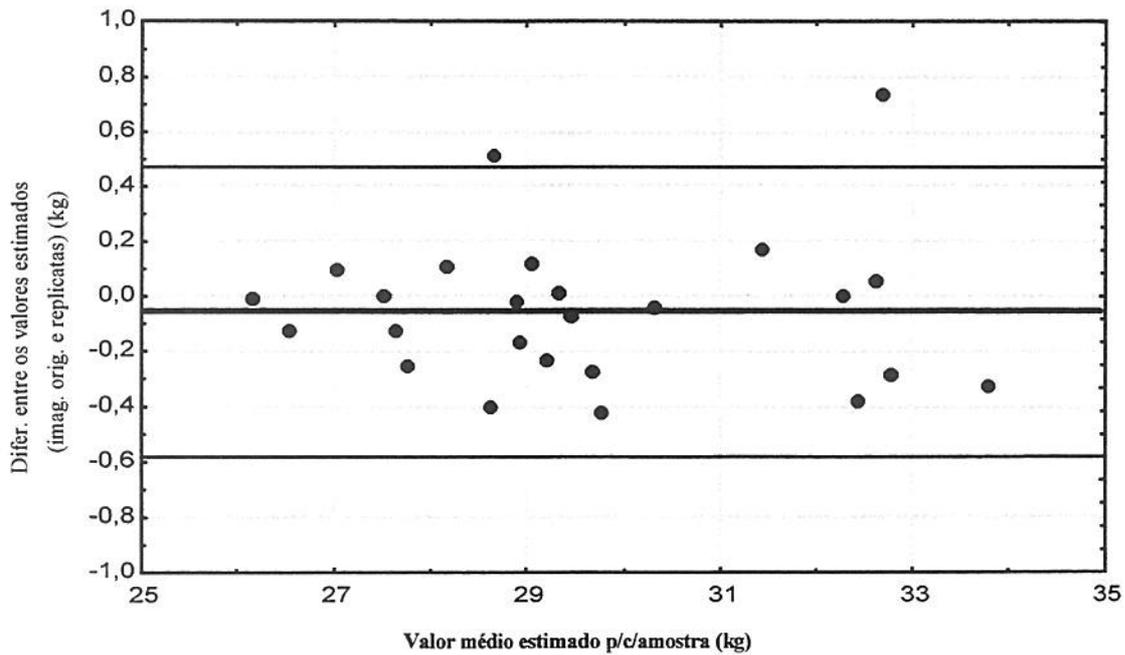
Nelas, pode-se observar que a repetibilidade dos valores estimados parece independente do peso dos cortes do traseiro especial (figura 89). Por outro lado, os dois valores externos ao intervalo de concordância (figura 88), entre o valor médio estimado para cada amostra e as diferenças entre esses valores estimados para cada amostra, estão dentro do valor esperado de 5% de valores destoantes.

Tabela 15: Valores estimados dos pesos (kg) dos cortes do traseiro especial obtidos com a equação No 6 (tabela 5), a partir das medidas VIA originais e as replicatas correspondentes, incluindo a média das diferenças, desvio padrão, limites de concordância e coef. de repetibilidade.

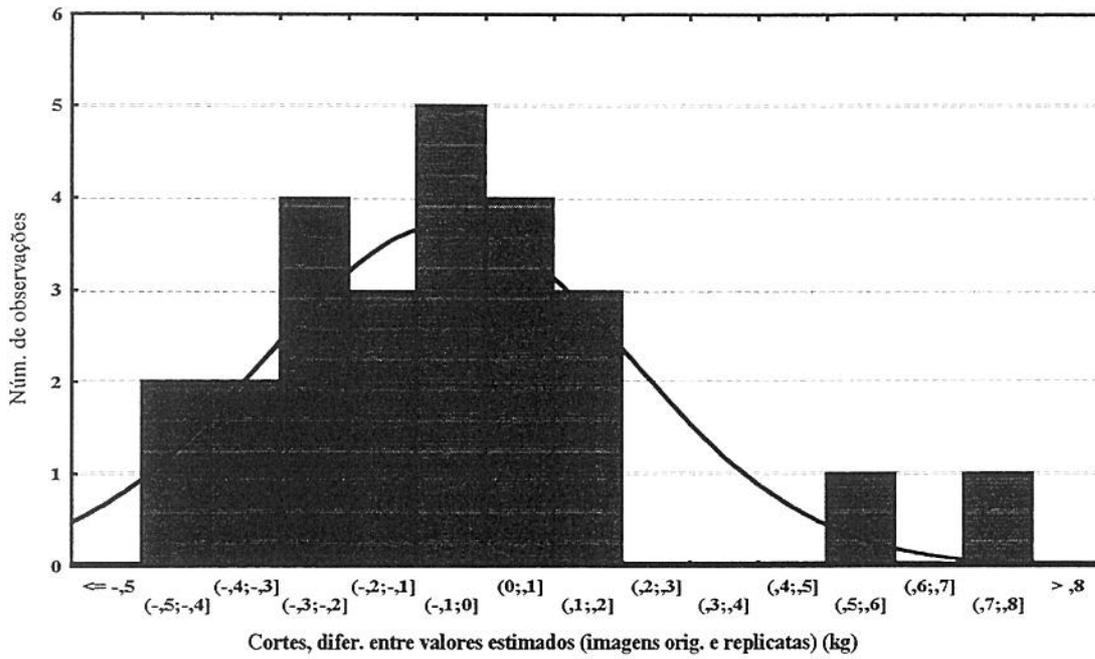
<u>Amostra</u>	<u>Valores Estimados</u>	<u>Valores Estimados</u>		
<u>No.</u>	<u>com imagens Originais</u>	<u>com imagens em replicata</u>		
1	32,302	32,297		
2	32,659	32,603		
4	31,515	31,346	<b>Valor médio das</b>	
7	33,061	32,331	<b>diferenças (dm):</b>	<b>-0,0549</b>
9	32,639	32,925		
10	32,264	32,648	<b>Desvio padrão das</b>	
11	28,890	28,916	<b>diferenças (Sd):</b>	<b>0,2691</b>
12	29,126	29,012		
14	28,849	29,018	<b>Limite superior</b>	
17	28,426	28,835	<b>de concordância:</b>	<b>0,4725</b>
18	29,336	29,323		
21	30,302	30,345	<b>Limite inferior</b>	
22	29,570	29,994	<b>de concordância:</b>	<b>-0,5823</b>
23	29,551	29,830		
25	29,417	29,494	<b>Coef. de Repetibilidade:</b>	
34	27,648	27,899	$1,96 * Sd = 1,96 * 0,269 =$	<b>0,527 kg</b>
35	27,515	27,518		
37	26,158	26,167		
41	26,471	26,599		
42	33,630	33,956		
43	27,568	27,698		
47	27,092	26,994		
49	28,914	28,399		
50	28,222	28,111		
51	29,104	29,336		



**FIGURA 87:** gráfico de valores estimados com imagens originais (X) e imagens em replicata (Y). A reta desenhada ( $Y=X$ ) é de concordância perfeita entre os pares de valores.



**FIGURA 88:** gráfico de erro contra nível para os valores estimados (variável CORTES). Nele são representados a discordância entre os valores estimados (imagens originais e replicatas) vs a média de cada amostra. Representam-se também as linhas do valor médio das diferenças (dm) e dos limites superior e inferior de concordância.



**FIGURA 89:** Histograma de freqüências das diferenças dos valores estimados (variável CORTES) obtidos com as imagens originais e as replicatas.

## 6. CONCLUSÕES

No presente trabalho, realizado com meias carcaças bovinas provenientes de machos castrados anelados, de diferentes pesos, maturidades e graus de gordura de cobertura, concluiu-se que:

O sistema de análise de imagem digital permitiu obter equações de predição do peso (kg) dos cortes do traseiro especial de alta acurácia. Assim, recomenda-se especialmente a utilização das equações:

$$\text{CORTES} = 28,22 + 0,152 \text{ MC} - 0,117 \text{ ATCVIA} + 0,274 \text{ AOLVIA} - 0,439 \text{ AOLVIA}\% + 0,005 \text{ EGVIA} - 0,077 \text{ AGVIA}$$

(R<sup>2</sup>: 84,0%; Cp: 6,00; MSE: 0,87)

$$\text{CORTES} = 5,392 + 0,371 \text{ TE} - 0,008 \text{ ATCVIA} + 0,035 \text{ AOLVIA}\% + 0,036 \text{ EGVIA} + 0,042 \text{ AGVIA} - 0,167 \text{ AGVIA}\%$$

(R<sup>2</sup>: 87,9%; Cp: 6,00; MSE: 0,66).

- As equações de predição dos cortes do traseiro especial tenderam a subestimar ou sobrestimar ligeiramente os valores para as faixas extremas de peso de carcaça resfriada (A ou E). Entretanto, a equação que incluiu como variáveis independentes o peso total (kg) do traseiro especial e a porcentagem da área de gordura do contrafilé (12<sup>a</sup> costela) apresentou estimativas aceitáveis para todas as faixas de peso consideradas.

- As estimativas da porcentagem dos cortes do traseiro especial apresentaram acurácia relativamente baixa. Os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>x100) explicaram de 37,1 a 46,8% e de 21,3 a 30,6% da variação total dos valores observados em torno da média, quando a principal variável independente foi o peso da meia carcaça ou o peso total do traseiro especial, respectivamente.

- As equações de predição do peso (kg) dos cortes individuais do traseiro especial (coxão mole, coxão duro, lagarto, patinho, alcatra, contrafilé e filé mignon) apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2 \times 100$ ) de 39,6 a 72,1% e de 42,8 a 73,7, usando o peso da meia carcaça ou o peso total do traseiro especial, respectivamente. Os valores de  $R^2$  para alguns cortes (patinho: 73,7% e alcatra: 72,1%) podem ser considerados aceitáveis, mas todos estão abaixo do esperado, provavelmente por causa do tipo de preparação e limpeza efetuado sobre eles.

- A repetibilidade do sistema de análise de imagem digital ficou dentro dos limites estabelecidos ( $\pm 1,96 * D.P.$ ).

- Este sistema instrumental parece apresentar potencial para a estimativa dos pesos (kg) dos cortes do traseiro especial. Tendo em vista a tendência atual de padronização dos cortes cárneos, especialmente para o mercado internacional, sugere-se dar continuidade ao trabalho afim de aprimorar o programa de processamento de imagens digitais quanto à sua robustez e velocidade de funcionamento. O passo seguinte compreenderia a construção de um protótipo com características adequadas para funcionamento em linhas industriais contínuas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCZ. Seminário Nacional: REVISÃO DE CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E JULGAMENTO EM GADO DE CORTE - Avaliação e Resultados. Uberaba, Associação Brasileira de Criadores de Zebu. 1997.
- ABRAHAM,H.C.; MURPHEY,C.E.; CROSS,H.R.; SMITH,G.C. & FRANKS Jr.,W.J. Factors affecting beef carcass cutability: an evaluation of the USDA yield grades for beef. J. Animal Science, v.50, p.841. 1980.
- ALBRECHT, E.; WEGNER, J. & ENDER, K.. A new technique for objective evaluation of marbling in beef. Fleischwirtschaft, v.4, p. 11-16, 1996.
- ALLEN,D.M. The relationship of some linear and physical measurements to beef carcass composition. Ph.D. Thesis. Michigan State University. 1968.
- ALLEN,D.M.; MERKEL,R.A.; MAGEE,W.T. & HELSON,R.H. Relationship of physically separable muscle, fat and bone from left side of steer carcass to yields of retail cuts, fat trim and bone of the right side. J. Animal Science, v.38, p.311. 1969.
- AUSTRALIA. 2.000. RFP Cut Code Reference - Meat Item Specification List. Aus Meat Ltd. South Brisbane QLD, 114p.
- BARBOSA,P.F. Cruzamentos para a obtenção de novilho precoce. In: Encontro nacional sobre novilho precoce. Campinas, SP. Anais, p.75-92. 1995.
- BARRERA,J.; BANON,G.J.; LOTUFO, R.A. & HIRATA Jr, R. MMach: a mathematical morphology toolbox for the KHOROS system. Journal of Electronic Imaging, v.7, n.1, p.174-210. 1998.
- BARROS NETO,B. de; SCARMINIO,I.S. & BRUNS,R.E. Planejamento e Otimização de Experimentos. Ed. Unicamp. 2da. Edição. Campinas. 299 p. 1.996.
- BENDER,F.E.; DOUGLASS,L.W. & KRAMER,A. Statistical Methods for Food and Agriculture. Ed. Avi Publishing Co, Inc. Conecticut. 345p. 1.982.
- BERG,R.T. & BUTTERFIELD,R.M. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Zaragoza. Ed. Acribia. 1978. 312p. 1978.
- BEUCHER,S. & MEYER,F. The morphological approach to segmentation: the watershed transformation. Ed. E.R. Dougherty. Pub. Marcel Dekker. New York. Cap.12, p.433-481. 1993.

- BLAND,J.M. & ALTMAN,D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. The Lancet, february .8, p.307-310, 1986.
- BORGGGAARD, C.; MADSEN, N.T. & THODBERG, H.H. In line image analysis in the slaughter industry, illustrated by beef carcass classification. Meat Science, v.43, p. S151-S163, 1996.
- BRANSCHIED, W.; DOBROWOLSKI, A. & HORETH, R. Video image analysis. A method for the on-line recording of the cut value of pig carcasses. Fleischwirtschaft international v.3, p. 2-6, 1996.
- CROSS,H.R. & BELK, K.E. Objective measurements of carcass and meat quality. Meat Science, v.36, p.191-202. 1994.
- CROSS,H.R. & SAVELL,J.W. What do we need for a value-based beef marketing system?. Meat Science, v.36, p.19-27. 1994.
- CROSS,H.R.; GILLILAND,D.A.; DURLAND, P.R. & SEIDEMAN, S.. Beef carcass evaluation by use of a video image analysis system. J. Animal Science, v. 57, n.4, p, 908-917, 1983.
- CROUSE,J.D. & DIKEMAN,M.E. Methods of estimating beef carcass chemical composition. J. Animal Science, v.38, p.1190. 1974.
- DRAPER,N.R. & SMITH,H. Applied regression analysis. Ed. John Wiley. 2<sup>a</sup> ed. New York. 1981.
- FELICIO,P.E. Estudo com análise de vídeo imagem (VIA) na avaliação de carcaça bovina e desenvolvimento de protótipo para testes em linha de produção de baixa velocidade. (Não publicado). 1999.
- FELICIO,P.E. de; ALLEN,M. & CORTE,O.O. Rendimentos dos cortes cárneos brasileiros e norte-americanos segundo a maturidade da carcaça de novilhos Zebu. Col. ITAL. Campinas, SP. v.12, p.85-101. 1982.
- FELICIO,P.E.de & ALLEN. Previsão de rendimentos em carne aproveitável da carcassa de novilhos Zebu. Col. ITAL. Campinas. v.12, p.203-217. 1981-1982.
- FELICIO,P.E. de; PICCHI,V. & CORTE,O.O. Sistematização a avaliação final de bovinos e bubalinos. II.Composição de carcaça. Boletim Técnico. CTC-ITAL. Campinas, n.3, p.33-66. 1979.

- GOLL,D.E.; CARLIN,A.F.; ANDERSON,L.P.; KLINE,E.A. & WALTER,M.J. Effect of marbling and maturity on beef muscle characteristics. II: Physical, chemical and sensory evaluation of steaks. Food Technology. Chicago, IL. v.19, p.845-849. 1965.
- GREGORY,K.E.; SWIGER,L.A.; ARTHAUD,V.H.; WARREN,R.B.; MALLET,D.K. & KOCH,R.M. Relationships among certain live and carcass characteristics of beef cattle. J. Animal Science. v.21, p.720. 1962.
- HANKINS,D.G. & HOWE, P.E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. Technical bulletin, n.926. USDA. Washington. 1946.
- HEDRICK,H.B. Methods of estimating live animal and carcass composition. J. Animal Science. v.57, n.5, p.1316-1327. 1983.
- HEDRICK,H.B.; ABERLE,E.D.; FORREST,J.C.; JUDGE,M.D. & MERKEL,R.D. Principles of meat science. 3<sup>a</sup> ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co. 1.994. 354p.
- HINER,R.L. & HANKINS,O.G. The tenderness of beef in relation to different muscles and age of the animal. J. Animal Science. v.9, p.347-353. 1950.
- HOCKING,R.R. The analysis and selection of variables in linear regression. Biometrics, n.32, p.1-49. 1.976.
- IRIE,M.; IZUMO,A. & MOHRI,S. Rapid method for determining water-holding capacity in meat using video image analysis and simple formulae. Meat science, v.42, n.1, p.95-102. 1996.
- JAIN, A.K. Fundamentals of Digital Imaging Processing. Prentice-Hall International, Inc., 1989.
- JOHNSON,E.R. Genetic improvement in beef cattle using a progeny testing system based on carcass merit. Australian Veterinary Journal. v.73, n.6, p.225-232. 1996.
- KEMPSTER,A.J. Bone growth and development with particular reference to breed differences in carcass shape and lean to bone ratio. In: DeBoer,H & Martin,J (Ed). Current Topics in Veterinary Medicine, v.2, p.149-166. London. 1978.
- KEMPSTER,A.J. & HARRINGTON,G. The value of 'fat-corrected' conformation as an indicator of beef carcass composition within and between breeds. Livestock Products Science, v.7, p.361. 1980.
- LANNA,D.P.D.; BOIN,C.; ALLEONI,G.F. & LEME,P.R. Estimation of carcass and empty body composition of Zebu bulls using the composition of rib cuts. Scientia Agricola, Piracicaba, v.52, n.1, p.189-197. 1995.

- MACNEIL, M.D. Choice a prediction equation and the use of the selected equation in subsequent experimentation. Journal of Animal Science, v.57, n.5, p.1328-1336. 1983.
- MALLOWS, C.L. Some comments on Cp. Technometrics, v.15, n.4, p.661-675. 1973.
- MILLER, J.C.; HEDRICK, H.B.; THOMPSON, G.B.; FREITAG, R.R.; MEYER, W.E.; DYER, A.J. & NAUMANN, H.D. Factors affecting longissimus dorsi and subcutaneous fat measurements and indices of beef carcass cut-out. Mo. Agri. Exp. Sta. Bul. 880. 1965.
- MONIN, G. Recent methods for predicting quality of whole meat. Meat science, v.49, n.s1, p.s231-s243. 1998.
- NORMAN, G.A. & FELICIO, P.E. de. Effects of breed and nutrition on the productive traits of Zebu, Charolais and crossbreed beef cattle in South-east Brazil - 1: Body and gross carcass composition. Meat Science. Essex, Eng. v.5, p.425-438. 1981.
- PARDI, M.B.; SANTOS, I.F. dos; SOUZA, E.R. de & SANTOS, J.C. A epopéia do Zebú. Um estudo zootécnico-econômico. 1944/1994. Ed. Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 1996.
- PIKE, D.J. A practical approach to regression. In: Statistical procedures in food research. Ed. J.R. Piggott. Elsevier Applied Science. England. p.61-100. 1986.
- SAS. User's Guide: Statistic. SAS Institute. 5<sup>a</sup> ed. Ed. SAS Institute, Cary, NC. 956p. 1985.
- SCHOLZ, A.; PAULKE, T. & EGER, H.. Determining the degree of marbling in the pig. Use of computer-supported video picture analysis. Fleischwirtschaft international, v.1, p. 9-11, 1996.
- SHACKELFORD, S.D., WHEELER, T.L. & KOOHMARAIE, M. Coupling of image analysis and tenderness classification to simultaneously evaluate carcass cutability, longissimus area, subprimal cut weights, and tenderness of beef. J. Animal Science, v.76. p.2631-2640. 1998.
- STATSOFT Inc. STATISTICA for Windows, version 5.0. Tulsa, Ok. USA. Statsoft Inc. 1.995.
- SWATLAND, H.J. Objective assesment of meat yield and quality. Trends in food science and technology, v.6, p.117-120. 1995.
- UNITED STATES, 1997. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. United States standards for grades of carcass beef. [S.I.]: Agricultural Marketing Service-Livestock and Seed Division, 20p.

WASSENBERG, R.L., ALLEN, D.M. & KEMP, K.E. Video image analysis prediction of total kilograms and percent primal lean and fat yield of beef carcasses. J. Animal Science, v.62, p. 1609-1616, 1986.