

**NOVA FUNÇÃO PARA DESCREVER O
CRESCIMENTO CORPORAL DE FÊMEAS
NELORE E CRUZADAS**

HEMERSON ALVES DE FARIA

2008

HEMERSON ALVES DE FARIA

**NOVA FUNÇÃO PARA DESCREVER O CRESCIMENTO
CORPORAL DE FÊMEAS NELORE E CRUZADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Tarcísio de Moraes Gonçalves

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Faria, Hemerson Alves de.

Nova função para descrever o crescimento corporal de fêmeas Nelore e cruzadas / Hemerson Alves de Faria. – Lavras : UFLA, 2008.

46 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Tarcisio de Moraes Gonçalves.

Bibliografia.

1. Crescimento de fêmeas. 2. curvas de crescimento. 3. Funções não-lineares. 4. Gestação. 5. Lactação. 6. Projeção do crescimento.

I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.213

- 636.20824

HEMERSON ALVES DE FARIA

**NOVA FUNÇÃO PARA DESCRIVER O CRESCIMENTO
CORPORAL DE FÊMEAS NELORE E CRUZADAS.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 07 de março de 2008

Antonio Ilson de Oliveira	UFLA
Ivo Francisco de Andrade	UFLA
José Camisão de Souza	UFLA
Márcio Machado Ladeira	UFLA

Prof. Tarcísio de Moraes Gonçalves
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICO

Aos meus pais Hermen e Helenice, por estarem presentes em todos os momentos importantes de minha vida, me apoiando nas dificuldades, torcendo e se alegrando por minhas conquistas.

OFEREÇO

Aos meus filhos amados, Rafaella e Vinícius, que possam florescer em educação, ética e cidadania, neste mundo tão carente destes valores.

ESPECIALMENTE

A minha esposa Silvânia que apesar da distância esteve sempre presente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Zootecnia e ao Curso de Pós-graduação em Zootecnia e à Escola Agrotécnica Federal de Barbacena, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Prof. Dr. Tarcísio de Moraes Gonçalves, pela orientação, amizade e incentivo constantes, durante o tempo que tive o privilégio de ser seu orientado.

Aos professores Antonio Ilson de Oliveira, Daniel Perotto, Wiebe Koops, José Camisão de Souza, Márcio Machado Ladeira e Ivo Francisco de Andrade, pelas sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Aos alunos da pós-graduação e da graduação, que se tornaram preciosos amigos, em especial, Ana Luísa, Vivian e Jairo pela constante ajuda, sem a qual a realização deste trabalho seria muito mais difícil.

As amigas e companheiras de jornada neste Mestrado, professoras da EAFB, Gilma, Giovana e Andréa que, com sua sensibilidade, souberam enxergar algumas de minhas dificuldades dando-me o apoio de que necessitava.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso da realização deste trabalho, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Crescimento.....	3
2.2 Curva de crescimento.....	8
2.3 Modelos para predição da curva de crescimento.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Descrição dos dados.....	13
3.2 Estimação dos parâmetros.....	14
3.3 Verificação da qualidade de ajuste.....	16
3.3.1 Coeficiente de Determinação Múltiplo Ajustado.....	16
3.3.2 Teste ou Estatística de Durbin-Watson.....	17
3.3.3 Desvio Padrão Residual.....	18
3.4 A Função proposta.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Ajuste da função.....	20
4.2 Estimativas dos parâmetros.....	26
5 CONCLUSÕES.....	39
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXO.....	45

LISTA DE TABELAS

TABELAS		Página
TABELA 1	Parametrização dos modelos analisados.....	10
TABELA 2	Percentagens de informações da vida produtiva controlada dos animais por ordem de parto e a taxa de convergência do modelo por grupamento genético.....	21
TABELA 3	Médias e respectivos desvios padrões dos parâmetros ajustados às observações de crescimento das fêmeas e os parâmetros de qualidade do ajuste: coeficiente de determinação ajustado (R^2_a) e teste de Durbin - Watson (DW) por grupamento genético.....	22

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		Página
FIGURA 1	Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético NN (Nelore).....	23
FIGURA 2	Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético GN (F ₁ GN: ½Guzerá ½Nelore).....	24
FIGURA 3	Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético MN (F ₁ MN: ½ Marchigiana ½Nelore).....	24
FIGURA 4	Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético RN (F ₁ RN.: (½ Red-Angus ½Nelore).....	25
FIGURA 5	Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético SN (F ₁ SN.: ½Simental ½Nelore).....	25
FIGURA 6	Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento NN: em função da idade; em função da gestação e em função da lactação.....	28
FIGURA 7	Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento GN: em função da idade; em função da gestação e em função da lactação.....	29
FIGURA 8	Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento MN: em função da idade; em função da gestação e em função da lactação.....	29

FIGURA 9	Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento RN: em função da idade; em função da gestação e em função da lactação.....	30
FIGURA 10	Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento SN: em função da idade; em função da gestação e em função da lactação.....	30
FIGURA 11	Dados observados e curva estimada de crescimento para fêmeas do grupamento genético Nelore.....	31
FIGURA 12	Dados observados e curva estimada de crescimento para fêmeas do grupamento genético F ₁ Guzerá + Nelore.....	32
FIGURA 13	Dados observados e curva estimada de crescimento para fêmeas do grupamento genético F ₁ Marchigiana + Nelore.....	32
FIGURA 14	Dados observados e curva estimada de crescimento para fêmeas do grupamento genético F ₁ Red-Angus + Nelore.....	33
FIGURA 15	Dados observados e curva estimada de crescimento para fêmeas do grupamento genético F ₁ Simental + Nelore.....	33
FIGURA 16	Pesos observados e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação para fêmeas do grupamento Nelore.....	34
FIGURA 17	Pesos observados e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação para fêmeas do grupamento F ₁ Guzerá + Nelore.....	35

FIGURA 18	Pesos observados e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação para fêmeas do grupamento F ₁ Marchigiana + Nelore.....	35
FIGURA 19	Pesos observados e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação para fêmeas do grupamento F ₁ Red-Angus + Nelore.....	36
FIGURA 20	Pesos observados e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação para fêmeas do grupamento F ₁ Simental + Nelore.....	36

RESUMO

FARIA, Hemerson Alves. **Nova função para descrever o crescimento corporal de fêmeas Nelore e cruzadas**. 2008. 46p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Funções de crescimento são utilizadas para representar graficamente o aumento de peso em função da idade (denominada curva de crescimento). Para propor uma nova função para descrever todo o crescimento na vida produtiva de fêmeas considerando simultaneamente os efeitos da idade, gestação e lactação, utilizaram-se dados obtidos no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), constituindo-se de registros de pesos de 19 fêmeas Nelore (NN), 7 F1 Guzerá x Nelore (GN), 19 F1 Red Angus x Nelore (RN), 4 F1 Marchigiana x Nelore (MN) e 17 F1 Simental x Nelore (SN). A nova equação de predição foi composta por três funções: ganho de peso com o passar da idade, ganho de peso durante a gestação e perda de peso na lactação. Ajuste simultâneo das funções mostrou coeficiente de determinação múltiplo ajustado (R_a^2) entre 0,996 e 0,998, com desvios-padrões menores que as estimativas dos parâmetros e valor da estatística de Durbin-Watson maior que 0,8, quando a função foi ajustada às informações dos grupamentos NN, MN, RN e SN, indicando que a função apresentou um bom ajuste. Verificou-se que a nova função descreveu todo o crescimento na vida produtiva de fêmeas, considerando simultaneamente efeitos da idade, da gestação e da lactação.

Comitê Orientador: Tarcisio Moraes Gonçalves - UFLA (Orientador), Antonio Ilson de oliveira – UFLA, Márcio Machado Ladeira – UFLA e Daniel Perotto – IAPAR.

ABSTRACT

FARIA, Hemerson Alves. **New function to describe the body growth of Nelore and crossbred females**. 2008. 46p. Dissertation (Master Program in Zootecnia).– Lavras Federal University, Lavras, MG.

The growth functions are used to represent graphically the weight increase in function of the age, this representation is called growth curve. To propose a new function to describe the entire growth in the productive life of females considering simultaneously the age, pregnancy and lactating effects, data of Parana Agronomic Institute (IAPAR) were used. It was composed by weight records of 19 Nelore females (NN), 7 F1 Guzerá x Nelore (GN), 19 F1 Red Angus x Nelore (RN), 4 F1 Marchigiana x Nelore (MN) and 17 F1 Simental x Nelore (SN). The prediction equation was composed of three functions: gain of weight during the years, gain of weight during pregnancy and lost of weight during lactation. A multiple coefficient of determination adjusted (R_a^2) from 0.996 to 0.998 was obtained when the functions were simultaneously adjusting, with standard deviations lower than parameter estimates and the Durbin-Watson statistical value was higher than 0.8 when the function was adjusted to the records from the NN, MN, RN and SN groups. It's an indicator that the function had a good adjustment. It was concluded that the new function described all the growth in productive life of females considering simultaneously the age, pregnancy and lactating effects.

Guidance Committee: Tarcísio Moraes Gonçalves – UFLA (Major Professor), Antonio Ilson de Oliveira – UFLA, Márcio Machado Ladeira – UFLA e Daniel Perotto – IAPAR.

1 INTRODUÇÃO

As funções de crescimento são utilizadas para representar graficamente o aumento de peso em função da idade, sendo esta representação denominada de curva de crescimento.

A utilidade de se conhecer o crescimento animal vem do fato de que todos os processos produtivos estão relacionados diretamente a ele, principalmente em sistemas de produção de carne, onde esta característica, além de representar quantidade, está diretamente ligada à qualidade do produto final da exploração.

O crescimento pode ser considerado como sendo a multiplicação e aumento do tamanho dos tecidos do animal, iniciando-se na concepção, até atingir o estágio adulto. Porém, no decorrer do processo, o mesmo não ocorre de forma constante e uniforme, pois está sujeito à ação de fatores internos, como ações de hormônios e ainda externos, como alimentação, manejo, sanidade, dentre outros.

Uma função para descrever o crescimento é considerada apropriada quando resume convenientemente as informações dos pesos dos animais em um pequeno conjunto de parâmetros, que podem ser interpretados biologicamente e usados para derivar outras características relevantes do crescimento animal.

Várias funções já foram propostas para descrever o crescimento dos animais, porém, nenhuma ainda obteve aceitação total, devido à dificuldade de ajuste da função ao conjunto de dados, de forma a satisfazer todo processo de crescimento.

Atualmente, as funções não-lineares são bastante usadas para descrever o crescimento dos animais e essas, apresentam ainda a possibilidade de comparação entre diferentes sistemas de produção, grupamentos genéticos, etc.

Os resultados obtidos nos estudos das funções não são ainda conclusivos quanto a que melhor descreve o crescimento dos animais.

As funções mais utilizadas são: Brody, Von Bertalanffy, Logística, Gompertz e Richards. Considerando que estas funções sejam preditivas, pode-se acompanhar o peso em uma determinada fase da vida do animal, daí relacionando algumas necessidades de manutenção, produção de carne, gestação e lactação, com a fase de crescimento em que o animal possa estar vivendo.

As curvas de crescimento são usadas indistintamente para machos e fêmeas. As funções mais utilizadas podem descrever adequadamente o crescimento de machos, mas podem não ser adequadas para a descrição do crescimento das fêmeas, pois desconsidera efeitos fisiológicos imperantes, como os efeitos da gestação e da lactação, no processo de crescimento das fêmeas.

A busca do conhecimento e do controle de fatores que afetam o crescimento dos animais é importante para obtenção de subsídios para as áreas de produção, de nutrição e melhoramento genético animal, tais como: melhoria de manejo, determinação das necessidades nutricionais inerentes ao crescimento na vida produtiva do animal, conhecimento da variabilidade genética das características ligadas ao crescimento e avaliação do potencial genético dos animais para o crescimento.

O presente trabalho teve como objetivo ajustar uma nova função descritiva do crescimento durante a vida produtiva de fêmeas da raça Nelore e cruzadas com Guzerá, Red Angus, Marchigiana e Simental, considerando simultaneamente os efeitos da idade, da gestação e da lactação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Crescimento

O crescimento é um processo ligado a todos os aspectos do desenvolvimento dos seres vivos e está presente desde os primórdios da vida, partindo de uma única célula, passando à multiplicação celular fetal, seguida do desenvolvimento corporal pós-natal. Este fenômeno, que se apresenta tão universal, é de enorme complexidade, pois é regulado e influenciado por diversos fatores, muitos ainda por se entender.

Normalmente ele é definido como o aumento da massa de tecidos (Di Marco, 1993; Owens et al., 1993) e, dada a complexidade do processo, alguns aspectos devem ser considerados no seu entendimento.

As funções do animal são reguladas por dois processos básicos: homeostase e homeorese. A homeostase regula as funções fisiológicas em relação às prioridades estabelecidas, já a homeorese estabelece a regulação de novas prioridades para o corpo do animal, tais como a distribuição de nutrientes do corpo materno para os tecidos fetais ou para a produção de leite. Assim, a homeorese tem importância fundamental nos fatores que alteram o processo de crescimento considerados neste estudo (gestação e lactação).

O aumento do corpo do animal, definido como crescimento, engloba fenômenos biológicos em nível celular. A hiperplasia caracteriza-se basicamente como o aumento no número de células e a hipertrofia como o aumento no tamanho das células. Esses processos ocorrem de forma diversa nas diferentes épocas da vida do animal e nas diversas partes do corpo, resultando em um crescimento diferenciado.

Considerando os aspectos produtivos, os principais componentes do corpo do animal são os ossos, os músculos, as vísceras e a gordura. O animal cresce ou ganha peso devido ao acúmulo desses tecidos, de acordo com as

prioridades estabelecidas, apresentando diferentes taxas de crescimento e maturação, influenciadas por diversos fatores. O crescimento inicia-se pelo tecido nervoso, seguido pelo tecido ósseo, muscular e, finalmente, tecido adiposo. Assim, a composição corporal muda ao longo do tempo devido à diferença na velocidade de crescimento e maturação destes tecidos (Owens et al., 1993).

Fatores genéticos e não-genéticos determinam o crescimento do corpo, sendo que a expressão fenotípica final está sujeita à ação de fatores como: combinações aditivas e não-aditivas, efeito materno, ação hormonal, ambiente, entre outros.

Os componentes genéticos das populações e os parâmetros ambientais, que agem sobre o desempenho dos animais, são fundamentais no cálculo do valor genético, na seleção e na condução de programas de melhoramento (Owens et al., 1993).

Fernandes et al. (2004) relataram que diversos trabalhos têm registrado ganhos menores em zebuínos, quando comparados a seus cruzamentos com taurinos, submetidos às mesmas condições de confinamento. Jorge et al. (1997) afirmaram que a adoção de cruzamentos industriais permite elevar o potencial de ganho. Fontes (1995), revisando vários trabalhos realizados na Universidade Federal de Viçosa, constatou que o ganho de peso de animais mestiços foi, em média, 28,5% superior ao dos animais da raça Nelore.

Destacando o ambiente como um fator importante, que contribui nos exigências de nutrientes para o crescimento animal, podem-se considerar diversos fatores ambientais, tais como: fotoperíodo, estação do ano, umidade, temperatura, condições das instalações (curral, abrigos), radiação, ventos, chuvas, exercícios e parasitas. Assim aplicando o conceito de interação-genótipo-ambiente, animais mais adaptados às condições ambientais têm menor

necessidade de nutrientes para qualquer nível de crescimento, naquele ambiente específico, quando comparados a animais menos adaptados.

Conforme Mercadante et al. (2000), há evidências de antagonismo genético entre crescimento e reprodução em ambiente desfavorável (Mariante & Zancaner, 1985; Barbosa, 1991); todavia, há estudos indicando que estas características estão pouco relacionadas (Smith & Brinks, 1989), ou mesmo favoravelmente relacionadas, com algumas características (taxa de maturação, idade ao primeiro parto e circunferência escrotal), como evidenciadas nos trabalhos de Barbosa (1991) e Meyer et al. (1991). Entretanto, existem lacunas na literatura, em particular no que diz respeito às relações fenotípicas e genéticas entre aspectos de reprodução, lactação e eficiência da produção “vaca-bezerro”.

O crescimento é contínuo desde a formação do zigoto até que se atinja o tamanho adulto máximo característico de cada espécie. Para efeito de estudo, o crescimento pode ser dividido em fases. Considerando o sistema de manejo e alimentação, esta divisão pode ser feita em quatro fases, como se segue: crescimento intra-uterino do feto, do nascimento à desmama, da desmama à puberdade e terminação.

Na fase pré-natal, o crescimento é rápido e a taxa de crescimento varia entre as espécies, devido às diferenças no tamanho do esqueleto, peso ao nascer e duração da gestação (Grant & Helferich, 1991). Este é um período crítico para a definição das potencialidades de crescimento do animal, pois qualquer restrição de nutrientes irá refletir no estabelecimento das fibras musculares, ocasionando um efeito negativo no potencial de crescimento.

Conforme Teixeira (2001), estima-se que as exigências de energia e proteína em bovinos alcançam seu ponto máximo entre 240 e 280 dias de gestação. A eficiência de crescimento durante esse período é mais baixa do que em qualquer outra fase, aumentando ainda mais as necessidades nutricionais. A eficiência energética da mãe e do feto é baixa. A restrição materna em

suprimentos nutricionais do feto depende da adequação nutritiva da dieta, das reservas do tecido materno, da regulação de distribuição de nutrientes e do fluxo sanguíneo do feto. Proteína, energia e minerais são nutrientes imprescindíveis, incluídos na distribuição materna que pode ser restrita ao feto, sendo que a restrição nutricional durante esse período reduz o peso de nascimento de 10 a 25%. Obviamente, a extensão das reservas maternas tem um impacto maior no suprimento nutricional do feto, porque a mobilização pode ocorrer somente se reservas suficientes são disponíveis (Teixeira, 2001), porém, quando o nível de nutrição é inadequado, as vacas tendem a manter o nível de produção de leite de acordo com seu potencial genético, às expensas das reservas corporais, afetando a eficiência reprodutiva.

Inicialmente, na fase de aleitamento, o aparelho digestivo do bezerro funciona como não-ruminante, alimentando-se exclusivamente de leite. Esse processo pode durar de alguns dias a vários meses. Estabelecida a função do rúmen, aumenta-se a complexidade da nutrição, a parte dos nutrientes fornecida pelo leite vai diminuindo e a das demais fontes alimentares aumentando.

Em sistemas de manejo comuns, como o acompanhado neste trabalho, inicialmente o bezerro não irá conseguir consumir todo o leite produzido pela mãe. No meio da lactação, o nível de leite produzido pode ser aumentado (considerando a capacidade de consumo do bezerro) e, ao mesmo tempo, nesse período, ocorre um acréscimo nas demandas nutricionais do bezerro e os nutrientes do leite tornam-se limitantes.

Observando estudos de curvas de crescimento de bovinos, pode-se verificar que no período do nascimento à puberdade, a curva é contínua e ascendente, indicando uma alta taxa de crescimento sem alterações. Até o ponto onde ocorre a desaceleração do crescimento (chamado de ponto de inflexão), não são verificadas diferenças no crescimento entre animais de sexos diferentes. Assim, fatores como disponibilidade e utilização de nutrientes, ação hormonal,

entre outros, que causam alterações na curva, ainda não estão atuando suficientemente para evidenciar diferenças no comportamento do crescimento entre machos e fêmeas.

Um aspecto importante a se considerar no estudo do crescimento dos bovinos é o controle genético e de manejo exercido pelo homem. Conforme Barbosa & Esteves (1997), o melhoramento animal é uma atividade envolvida no processo contínuo de criação (práticas de alimentação, manejo, reprodução, sanidade), seleção e reprodução dos animais domésticos, com o objetivo básico de alterar as características dos animais produzidos na geração seguinte, na direção desejada pelo homem.

Parks (1982) considerou que, embora o crescimento seja variável entre os indivíduos, nas populações, segue um curso bem definido. É importante considerar que esse curso nas populações bovinas é muito variado, pois os diferentes rebanhos (representando tipos biológicos ou grupamentos genéticos diversos) são criados em diversos ambientes com objetivos e manejos diferentes.

As vacas de corte apresentam um custo maternal elevado, por animal colocado no mercado. Segundo Montañó Bermudez & Nielsen (1990), o peso do corpo adulto é um componente importante na determinação da eficiência das vacas de corte. Assim, apesar das enormes variações no peso do corpo adulto nos diferentes tipos biológicos, o peso ideal depende do sistema de produção, passando, então, a ser uma meta o conhecimento e a escolha cuidadosa da raça ou cruzamento adequados para maximizar a eficiência de cada situação.

Grant & Helferich (1991) consideraram que a partir da puberdade, até estágios mais avançados, a taxa de crescimento é reduzida, o que é claramente indicado nos estudos das curvas de crescimento, porém, a abordagem usual desconsidera as alterações das curvas das fêmeas, decorrentes do processo reprodutivo (gestação e lactação).

Uma vaca em lactação é diferente de um bovino em crescimento, que é diferente de um bovino em terminação, que é diferente de um bovino em reprodução. O que controla esses diferentes estados fisiológicos é a homeostase (Moreira, 2008). Esse aspecto do desenvolvimento, que reflete nas curvas de crescimento observadas das fêmeas, não é representado nem explicado pelos modelos normalmente utilizados, perdendo-se no processo informações importantes, o que irá comprometer os resultados e as aplicações das curvas de crescimento obtidas.

2.2 Curva de crescimento

Curva de crescimento é a representação gráfica do peso ou massa corporal em relação à idade (Gottschall, 1999), relacionando-se os pesos (y) e as idades (t) dos animais, por meio de modelos estatísticos (Davidian & Giltinan, 1996).

Os modelos não-lineares são os que melhor se ajustam aos dados peso-idade. Estes modelos geralmente apresentam parâmetros relacionados com a taxa crescente de crescimento anterior a um máximo, denominado de ponto de inflexão, e uma taxa de crescimento menos acentuada após este máximo, as quais lhes conferem a não linearidade paramétrica.

Os parâmetros das funções que descrevem o crescimento dos animais são utilizados em modelos atuais de simulação para estimar a composição corporal do animal em qualquer ponto do crescimento, bastando apenas as informações de crescimento e composição corporal inicial do animal (Keele et al., 1992; Williams et al., 1992).

Assim, através das funções, podem-se selecionar animais a partir das taxas de crescimento relativo ao peso adulto (conhecidas como taxas de maturidade). Animais com maiores taxas de maturidade são mais precoces que animais que apresentam menores taxas de maturidade. Do ponto de vista de

melhoramento, esse parâmetro é de fundamental importância (Brown et al., 1972; Fitzhugh Junior, 1976), pois animais de maior crescimento relativo podem ser selecionados.

Os ajustes dos dados peso-idade de cada animal, ou grupo de animais, permitem obter informações descritivas da curva de crescimento atual do animal estudado e informações de prognósticos futuros para animais do mesmo grupo racial, sob a mesma situação ambiental. Portanto, a função de crescimento que é utilizada para descrever o crescimento do animal, tanto para fins de exigência nutricional, como para seleção genética, é de extrema importância, (Tedeschi et al., 2000).

Segundo Freitas (2005), entre as várias aplicações das curvas de crescimento na produção animal, destacam-se: a) resumir em três ou quatro parâmetros as características de crescimento da população, pois alguns parâmetros dos modelos não-lineares utilizados possuem interpretabilidade biológica; b) avaliar o perfil de respostas de tratamentos ao longo do tempo; c) estudar as interações de respostas das sub-populações ou tratamentos com o tempo; d) identificar, em uma população, os animais mais pesados em idades mais jovens, essas informações podem ser obtidas investigando-se o relacionamento entre o parâmetro k das curvas de crescimento, que expressam a taxa de declínio na taxa de crescimento relativo, e o peso limite do animal ou peso assintótico (Sandland & Mcgilchrist, 1979; Draper & Smith, 1980; Davidian & Giltinam, 1996); e) obter a variância entre e dentro de indivíduos de grande interesse nas avaliações genéticas (Mansour et al., 1991).

2.3 Modelos para predição da curva de crescimento

Os modelos mais comumente empregados no ajuste de curvas de crescimento são o de Brody (Brody, 1945), o de Von Bertalanffy (Bertalanffy, 1957), o de Richards (Richards, 1959), o Logístico (Nelder, 1961) e o Gompertz (Laird, 1965), conforme apresentados na Tabela 1,

Tabela 1 - Parametrização dos modelos analisados

Modelo	Função
Brody	$y_t = A(1 - Be^{-kt}) + \varepsilon$
Von Bertalanffy	$y_t = A(1 - Be^{-kt})^3 + \varepsilon$
Logística	$y_t = A(1 + Be^{-kt})^{-1} + \varepsilon$
Gompertz	$y_t = A \exp(-Be^{-kt}) + \varepsilon$
Richards	$y_t = A(1 - Be^{-kt})^M + \varepsilon$

Fonte: adaptado de Sarmento et al., (2006)

nos quais y é o peso corporal à idade t ; A é o peso assintótico quando t tende a $+\infty$, ou seja, este parâmetro é interpretado como peso à idade adulta; B é uma constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida (o valor de B é estabelecido pelos valores iniciais de y e t); k é interpretado como taxa de maturação, que deve ser entendida como a mudança de peso em relação ao peso à maturidade, ou seja, como indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto; e M é o parâmetro que dá forma à curva. Sua fixação determina a forma da curva e, conseqüentemente, o ponto de inflexão (Sarmento et al., 2006).

Conforme Freitas (2005), vários estudos sobre curvas de crescimento têm sido realizados em bovinos, tanto taurinos, quanto zebuínos e os resultados comprovam que, apesar de vários modelos serem adequados, existem

divergências entre eles. Segundo Cortareli (1973), na comparação dos modelos Brody, Logístico, Richards, Von Bertalanffy e Gompertz, o último foi o mais adequado na estimação de crescimento de Nelore. Entretanto, conforme Perotto et al. (1992), o Richards foi o escolhido para estimar o crescimento em peso de fêmeas zebuínas e de mestiças Holandês x Zebu. Para a avaliação de dados de fêmeas da raça Guzerá (Oliveira et al., 2000), os modelos Brody, Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico apresentaram boa qualidade de ajuste, ao passo que o de Von Bertalanffy apresenta a melhor qualidade de ajuste. O modelo Richards, por sua vez, apesar de ajustar bem os dados, apresentou dificuldades computacionais, não sendo indicado por esse autor para representar a curva de crescimento. Elias (1998), no ajuste de dados de pesos de fêmeas Nelore, Guzerá e Gir, verificou que o modelos Brody, Logístico, Von Bertalanffy, Gompertz e Richards apresentaram bom ajuste aos dados, sendo o de Brody, o mais adequado. Para machos Nelore, pesados ao nascimento, ao desmame e mensalmente dos 10 aos 16 meses de idade, o modelo Von Bertalanffy apresentou melhor ajuste (Unanian et al., 2000).

Uma função de crescimento apropriada deve resumir convenientemente a informação proveniente da observação do animal, em um conjunto de parâmetros, com interpretação biológica (López et al., 2000). As funções podem ainda fornecer informações importantes sobre a variação genética e ambiental, que ocorre entre as avaliações consecutivas (Mansour et al., 1991).

As curvas de crescimento são usadas indistintamente para machos e fêmeas, porém, devido a diferenças fisiológicas básicas, o modelo tradicional, que representa muito bem o crescimento dos machos, não se apresenta fiel na descrição do crescimento das fêmeas, pois desconsidera os efeitos da gestação e da lactação no processo de crescimento do animal, não atendendo o objetivo proposto no parágrafo anterior.

Estudando a curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês, Sarmiento (2006) concluiu que machos e fêmeas apresentaram padrão de crescimento divergente, indicando a necessidade de curvas diferentes para descrever seus crescimentos.

Korver et al. (1985) e Arendonk (1985), estudando animais da raça holandesa, desenvolveram uma função de crescimento, para explicar os efeitos da gestação e da lactação na curva de crescimento de vacas holandesas, recebendo alta e baixa dieta de concentrado. Um grupo foi acompanhado durante 40 semanas de lactação e outro grupo, de um parto ao outro. O parâmetro de gestação não pôde ser estimado com precisão, baseado em medidas durante as 40 primeiras semanas da lactação, indicando a necessidade de períodos mais longos de coleta de dados.

Embora muitos autores tenham estudado modelos que ajustem o crescimento, relacionando os pesos e as idades, na literatura não são observados estudos de modelos que ajustem os dados de toda vida produtiva do animal, considerando os efeitos da gestação e da lactação, para fêmeas bovinas dos grupamentos genéticos, propostos neste trabalho.

Considerando a importância das curvas de crescimento, devido às possibilidades de aplicações nos campos de nutrição e melhoramento, é fundamental que o desenvolvimento das fêmeas bovinas seja representado apropriadamente. Os processos reprodutivos que irão demandar um maior aporte de nutrientes devem ser localizados, medidos e explicados. Assim, tem-se como objetivo deste trabalho, o desenvolvimento de uma função que irá explicar simultaneamente os efeitos do ganho de peso em função da idade e da gestação e a perda de peso em função da lactação, ajustando o modelo durante toda a vida do animal e comparando o comportamento de animais de diferentes grupos genéticos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição dos dados

Foram utilizados no experimento dados do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Estação Experimental de Paranavaí, Região Noroeste do Estado do Paraná, constituídos de 3.722 observações de pesos de 66 fêmeas, sendo 19 da raça Nelore (NN), 7 F₁ Guzerá x Nelore (GN), 19 F₁ Red Angus x Nelore (RN), 4 F₁ Marchigiana x Nelore (MN) e 17 F₁ Simental x Nelore (SN).

Essas fêmeas são originadas de cruzamentos de touros Nelore, Guzerá, Red Angus, Marchigiana e Simental com vacas Nelore, via inseminação artificial, mantidas em pastagem e incorporadas ao rebanho reprodutivo entre 18 e 24 meses de idade, praticamente sem qualquer seleção, exceto por inaptidão reprodutiva, defeitos anatômicos ou desenvolvimento ponderal insatisfatório.

Os animais utilizados neste estudo foram pesados de seis em seis meses do nascimento à primeira cobertura e pesados aproximadamente a cada 30 dias, a partir do primeiro parto, com a última pesagem ocorrendo no mínimo após 40 meses de idade e peso vivo superior a 400 kg. Este peso foi baseado no trabalho de Rosa et al. (2001), segundo o qual, a raça Nelore é caracterizada como de porte médio, com as vacas apresentando peso adulto em torno de 447 kg, com desvio-padrão de 50 kg. Estes procedimentos foram realizados para caracterizar toda a vida produtiva do animal e, com isso, possibilitar a obtenção de estimativas precisas dos parâmetros do modelo. Um exemplo da distribuição dos dados de pesagem de um animal pode ser visualizado no anexo.

Conforme Perotto et al. (2006), o clima da região inscreve-se no tipo Cfa (subtropical mesotérmico), de acordo com a classificação de Köppen, apresentando temperatura média do mês mais frio, inferior a 18° C e do mês mais quente, acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, porém, sem

estação seca definida (IAPAR, 1974). Os solos da região pertencem aos grupos Latosol Vermelho Escuro Distrófico e Podzólico Vermelho Amarelo (Brasil, 1970).

O manejo alimentar a que os animais foram submetidos foi predominantemente de pastagens cultivadas de *Brachiaria humidicola* e de *Brachiaria decumbens*, sendo também fornecida como suplementação no inverno forragem picada de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), uréia adicionada à mistura mineral, além de pastejo direto em bancos de proteína de leucena (*Leucaena leucocephala*) e guandu (*Cajanus indicus*).

Até 1997, os bezerros foram desmamados aproximadamente aos sete meses de idade e separados por sexo entre 11 e 12 meses de idade. A partir de 1998, os bezerros permaneceram "ao pé da mãe" até a idade de 70 a 90 dias, quando foram submetidos ao desmame precoce (Moletta & Perotto, 1997). A partir do desmame precoce (70-90 dias de idade) até meados de março do ano seguinte ao do nascimento, os bezerros de ambos os sexos foram mantidos em pastagens de clima tropical (*Panicum maximum Jacq.*) cultivadas e receberam suplementação com concentrado (1,5 kg/animal/dia de mistura composta por 25% de farelo de soja + 75% de grão de milho moído).

3.2 Estimação dos parâmetros

As análises dos dados foram realizadas no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA.

No caso dos modelos não-lineares, não é possível resolver o sistema de equações, formado diretamente, como ocorre no caso linear, uma vez que a resolução do sistema é dependente dos próprios parâmetros a serem estimados. Desta forma, usa-se um processo iterativo para obtenção das estimativas dos

parâmetros, o qual começa com valores iniciais, atribuídos aos próprios parâmetros a serem estimados, calcula-se a soma de quadrado do erro e, a cada passo, obtém-se um conjunto de estimativas atualizadas até o procedimento convergir para um vetor final de estimativas, obtendo-se a minimização da soma de quadrados do erro (Sarmiento et al., 2006).

O modelo proposto ajusta individualmente o peso das fêmeas em função da idade, dos dias em gestação e dos dias em lactação. Os parâmetros dos modelos foram estimados pela combinação dos métodos de Gauss-Newton e Levenberg-Marquardt, por meio do uso do software NLREG versão 4.1(Sherrod,1998).

A base para a minimização, técnica utilizada pelo NLREG, é calcular a soma dos quadrados residuais para um conjunto de parâmetros, em seguida, alterar ligeiramente cada parâmetro e recalcular a soma dos quadrados residuais, para ver como a mudança do valor do parâmetro afeta a soma dos quadrados residuais. A diferença entre a nova soma de quadrados, residual e a original, dividida pelo montante do parâmetro, que foi alterado, permite ao NLREG determinar a próxima derivada parcial com respeito ao parâmetro. Esta derivada parcial é utilizada pelo NLREG, para decidir como alterar o valor do parâmetro para a próxima iteração. Se a função a ser modelada está bem ajustada e o valor inicial para o parâmetro não está muito longe do valor ótimo, o procedimento acabará por convergir para a melhor estimativa do parâmetro. Este procedimento é realizado simultaneamente para todos os parâmetros.

Nesta análise, foram utilizadas as informações referentes a ordens de parto (O.P.), que foram consideradas como: ordem de parto um (1), do nascimento até o primeiro intervalo de partos, ordem de parto dois (2), o segundo intervalo de partos, e assim sucessivamente, até a ordem de parto cinco.

3.3 Verificação da qualidade de ajuste

A verificação da qualidade do ajuste foi realizada através da média dos parâmetros de cada grupo genético avaliado, bem como da média do Coeficiente de Determinação Ajustado ao número de parâmetros (R_a^2), do teste Durbin-Watson (DW) e do Desvio Padrão Residual (RSD).

3.3.1 Coeficiente de Determinação Múltiplo Ajustado

Coeficiente de determinação múltiplo ajustado (R_a^2) é o valor de R^2 estatisticamente ajustado para o número de parâmetros da função e para o número de dados observados, sendo uma medida mais conservadora da percentagem da variância, especialmente quando o tamanho da amostra é pequena, comparada com o número de parâmetros a serem estimados, sendo calculado através da seguinte função:

$$R_a^2 = \frac{1 - (n - 1)}{(n - p)(1 - R^2)} \quad [1]$$

na qual: n é o número de observações (pesos observados das fêmeas); p é o número de parâmetros a serem ajustados; e R^2 é o coeficiente de determinação múltiplo não-ajustado.

Quando se trata de análises de regressão, supõe-se que os erros são independentes, têm média igual a zero, variância constante e seguem uma distribuição normal. Tais suposições, segundo Draper & Smith (1981), são necessárias para se realizar o teste F. Mas, quando as observações estão ordenadas em tempo ou espaço, há uma probabilidade grande de que os erros não sejam independentes uns dos outros e, nesse caso, haveria correlação entre os sucessivos pares de resíduos. Essa forma de correlação pode ocorrer no caso de curvas de crescimento, porque as observações estão ordenadas em função do tempo, sendo denominada correlação serial entre os resíduos. Há que se

considerar, ainda, que esses resíduos contêm os efeitos genéticos, pois são desvios de uma mesma vaca, além de efeitos ambientais permanentes, idade, ano, época de parto, etc.

3.3.2 Teste ou Estatística de Durbin-Watson

Um dos testes comumente utilizados para o exame da autocorrelação serial entre os resíduos é o teste de Durbin-Watson (DW):

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{(i-1)})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2} \quad [2]$$

em que e_i , $e_{(i-1)}$, são os resíduos provenientes do ajuste da função, usados para testar se há correlação entre os erros e n é o número de pesagens realizadas das fêmeas.

O valor de d varia entre zero, quando a correlação é máxima e positiva ($r = 1$) e quatro, quando é máxima e negativa ($r = -1$). Para n grande, d é, aproximadamente, igual a $2(1 - r)$, em que r é o coeficiente de correlação entre os e_i , $e_{(i-1)}$. Assim, os valores de d próximos a zero indicam a existência de autocorrelação positiva entre os erros, enquanto que valores próximos a quatro, autocorrelação negativa. Valores de d próximos a dois são desejáveis e indicam ausência de correlação entre os resíduos (Hoffmann & Vieira, 1987).

O teste de Durbin-Watson baseia-se na formulação das seguintes hipóteses para a verificação de autocorrelação residual:

1) $H_0: r = 0$ contra $H_A: r > 0$

O valor estimado de d é comparado com valores críticos d_L e d_U . Se $d < d_L$, o teste é significativo e há autocorrelação positiva entre os resíduos. Nesse caso, rejeita-se H_0 . Se $d > d_U$, o teste não é significativo e não se rejeita H_0 . Finalmente, se $d_L < d < d_U$, o teste é inconcluso.

2) $H_0: r = 0$ contra $H_A: r < 0$

O valor de d é, então, comparado com os valores críticos $(4 - d_L)$ e $(4 - d_U)$. Se $d > (4 - d_L)$, o teste é significativo e há autocorrelação negativa entre os resíduos. Assim sendo, rejeita-se H_0 . Se $d < (4 - d_U)$, o teste não é significativo e não se rejeita H_0 . Finalmente, se $(4 - d_L) < d < (4 - d_U)$, o teste é inconclusivo.

3.3.3 Desvio Padrão Residual

O cálculo do desvio padrão residual foi feito por meio da seguinte função:

$$DPR = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - P_i^*)^2}{n - p}} \quad [3]$$

em que, e são os valores do peso das fêmeas, observados e estimados em função da idade, da gestação e da lactação, respectivamente, p igual ao número de parâmetros da função e n é o número de pesagens realizadas nas fêmeas.

3.4 A Função proposta

Para descrever a trajetória do crescimento das fêmeas bovinas, objeto deste estudo, a função proposta foi composta por três componentes, o ganho de peso de acordo com a idade $f(\text{idade})$, o ganho de peso de acordo com a gestação $f(\text{gestação})$ e a perda de peso de acordo com a lactação $f(\text{lactação})$ e pode ser representado pela função geral aditiva:

$$f(\text{peso}) = f(\text{idade}) + f(\text{gestação}) - f(\text{lactação}) \quad [4]$$

Para descrever o ganho de peso de acordo com a idade foi usada a função de Brody (Brody, 1945):

$$f(\text{idade}) = Pn + (a - Pn)(1 - e^{-bt})$$

[5]

em que: **a** é o peso à maturidade; **Pn** é o peso ao nascer; **b** é o parâmetro relativo ao ganho de peso diário e **t** é a idade em dias.

O efeito da gestação no peso de uma vaca é somente visível após 50 dias (Korver et al, 1985), sendo que a partir daí o ganho esperado é exponencial. No caso de manejo menos intensivo dos animais, o ganho de peso não será exponencial, sendo reduzido no final da gestação. Portanto, para descrever o ganho de peso de acordo com a gestação foi usada uma função quadrática descrita por Korver et al. (1985):

$$f(\text{gestação}) = \left(\frac{Gp_{max}(Dg - 50)}{Dpg_{max}} \right) \left(2 - \left(\frac{Dg - 50}{Dpg_{max}} \right) \right) \quad [6]$$

em que: **Dg** são os dias em gestação (se $Dg < 50$ então $Dg-50$ é assumido ser igual a 0); **Gp_{max}** é o ganho de peso máximo durante a gestação; **Dpg_{max}** é o dia em que ocorre o ganho de peso máximo na gestação (estimado como $Dg-50$).

Wood (1967) descreveu a curva de lactação. A curva de peso vivo durante a lactação, é comparável com a forma da curva de lactação. Para descrever a perda de peso em função da lactação, foi usada a forma reparametrizada da função gama incompleta (Wood, 1967):

$$f(\text{lactação}) = Ppl_{max} \left(\frac{DI}{DPpl_{max}} \right)^s e^{-s \left(\frac{1-DI}{DPpl_{max}} \right)} \quad [7]$$

em que: **Ppl_{máx}** é a perda de peso máxima durante a lactação; **DI** é o período de lactação em dias; **DPpl_{máx}** é o dia em que ocorre a perda de peso máxima durante a lactação; e **s** é a declividade da curva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ajuste da função

Na Tabela 2 são apresentadas as percentagens de informações da vida produtiva controlada dos animais por ordem de parto e a convergência do modelo por grupamento genético. Pode-se observar que o grupamento genético SN apresentou maior porcentagem de convergência (82,35%), seguido dos demais grupamentos na seguinte ordem: NN, GN, MN e RN.

Quanto maior a quantidade de partos controlados, melhor foi o ajuste do modelo para o grupamento genético estudado. Isso pode ter ocorrido para o grupamento genético SN, por ter apresentado vacas com maior quantidade de informação de acompanhamento de pesagens até a quarta ordem de parto, ou seja 35% das vacas. Também foi o único grupamento que teve animais controlados até a ordem de parto 5, apresentando 64% dos animais controlados nas 3 últimas ordens de parto. Tais constatações podem ser a explicação para a melhor convergência obtida para este grupamento genético. Em contrapartida, o grupamento RN, aquele em que foi observada menor convergência, apresentou maior quantidade de vacas com ordem de parto 1 (47%), concentrando 79% dos animais nas duas primeiras ordens de parto.

Tabela 2 - Percentagens de informações da vida produtiva controlada dos animais por ordem de parto e a taxa de convergência do modelo por grupamento genético.

Informações	Grupamentos Genéticos ¹				
	NN	GN	RN	MN	SN
Total vacas (n°)	19	7	19	4	17
Ordem de parto 1 (%)	21	57	47	50	18
Ordem de parto 2 (%)	26	14	32	50	18
Ordem de parto 3 (%)	32	0	16	0	18
Ordem de parto 4 (%)	21	29	5	0	35
Ordem de parto 5 (%)	0	0	0	0	11
Taxa de convergência (%)	68,42	57,14	36,84	50,00	82,35

¹ NN – Nelore; GN - F₁ Guzerá x Nelore; RN - F₁ Red Angus x Nelore; MN - F₁ Marchigiana x Nelore; SN - F₁ Simental x Nelore.

As estimativas dos parâmetros das funções e os critérios de qualidade de ajuste por grupamento genético estão apresentados na Tabela 3. As funções foram ajustadas para cada vaca e por grupamento genético. Nessa tabela, são apresentadas as médias das estimativas dos parâmetros.

Ao observar os parâmetros de qualidade de ajuste, constata-se que ocorreu bom ajuste do modelo para todos os grupamentos genéticos, visto que os valores do coeficiente de determinação ajustado (R^2_a) variaram de 0,9964 a 0,9983 e os desvios padrões dos parâmetros foram menores que as estimativas dos parâmetros ajustados.

Tabela 3 - Médias e respectivos desvios padrões dos parâmetros ajustados às observações de crescimento das fêmeas e os parâmetros de qualidade do ajuste: coeficiente de determinação ajustado (R^2_a) e teste de Durbin Watson (DW) por grupamento genético.

Parâmetros ¹	GRUPAMENTOS GENÉTICOS				
	NN ²	F ₁ (GN)	F ₁ (RN)	F ₁ (MN)	F ₁ (SN)
PN	25 (2,2188)	25 (1,7033)	27 (4,2159)	27 (5,9927)	29 (3,9540)
A	499 (44,3749)	491 (34,0655)	550 (84,3176)	545 (119,854)	585 (79,0789)
B	0,00113 (0,0002)	0,00108 (0,0002)	0,00156 (0,0005)	0,00182 (0,0011)	0,00125 (0,0003)
Gp _{max}	42 (14,7245)	53 (10,7099)	63 (18,7633)	75 (24,7970)	45 (13,2239)
Dpg _{max}	192 (33,2359)	248 (40,3652)	218 (32,8919)	176 (29,2550)	198 (24,6933)
Ppl _{max}	32 (10,9828)	47 (15,9517)	45 (11,5861)	45 (15,7566)	40 (14,1017)
DPpl _{max}	60 (27,3516)	84 (16,1426)	65 (39,9314)	58 (20,1455)	68 (16,6497)
s	2,37167 (2,8072)	3,50338 (3,4080)	2,49015 (2,1243)	2,07300 (2,0827)	4,48635 (6,8629)
R ² _a	0,9964 (0,0006)	0,9965 (0,0007)	0,9975 (0,0004)	0,9983 (0,00001)	0,9964 (0,0006)
DW	0,9415 (0,1159)	0,7038 (0,0870)	1,386 (0,2312)	1,3645 (0,1065)	0,8401 (0,0945)

¹ PN: peso ao nascer; A: peso adulto; B: parâmetro de ganho de peso; Gp_{max}: Ganho de peso máximo durante a gestação; Dpg_{max}: dia em que ocorre o máximo ganho de peso durante a gestação; Ppl_{max}: perda de peso máxima durante a lactação; DPpl_{max}: dia em que ocorre a máxima perda de peso durante a lactação; s: declividade da curva.

² NN: Nelore; F₁GN: ½Guzerá ½Nelore; F₁RN: ½Red Angus ½Nelore; F₁MN: ½Marchigiana ½Nelore; F₁SN: ½Simental ½Nelore.

A estatística de Durbin-Watson (DW) foi usada com o objetivo de se verificar a autocorrelação de resíduos. A presença de autocorrelação implicará na sub ou superestimação do peso vivo. Para avaliar o resultado do teste em questão, considerou-se a indicação do NLREG, onde consta que valores inferiores a 0,8 indicam que normalmente a autocorrelação é provável (Sherrod,1998). Entre os cinco grupamentos genéticos avaliados, a DW foi abaixo de 0,8 para GN, indicando a existência de autocorrelação de resíduos, quando foi ajustado o modelo aos dados desse grupamento genético. Para os demais grupamentos, isso não ocorreu.

Considerando a diferença entre os valores de pesos observados e estimados, através do modelo para os grupamentos genéticos NN, GN, MN, RN e SN, verificou-se que, em geral, os valores concentraram-se próximos a zero (Figuras 1 a 5). Isso também caracteriza bom ajuste do modelo.

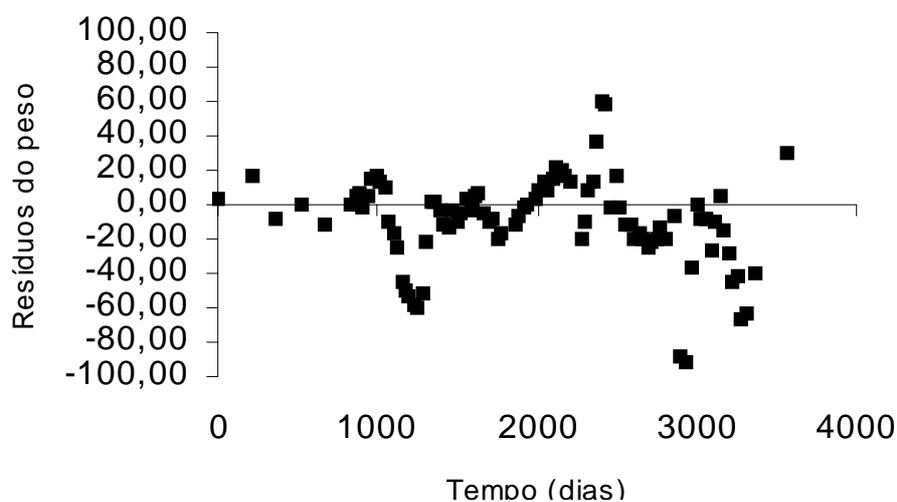


Figura 1 - Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético NN (Nelore)

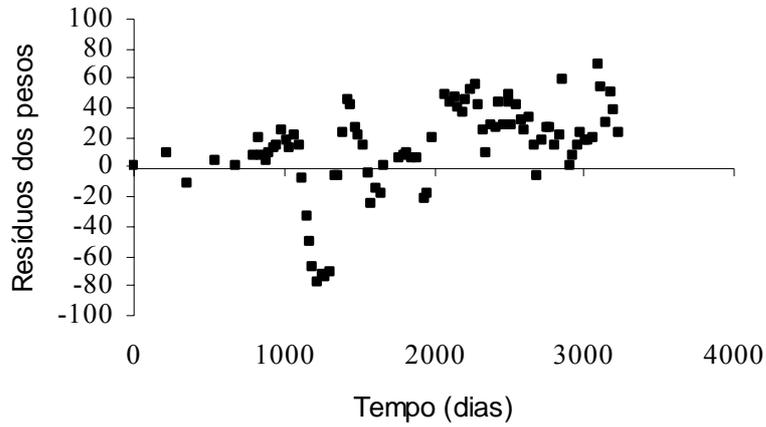


Figura 2 - Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético GN (F_1 GN: $\frac{1}{2}$ Guzerá $\frac{1}{2}$ Nelore)

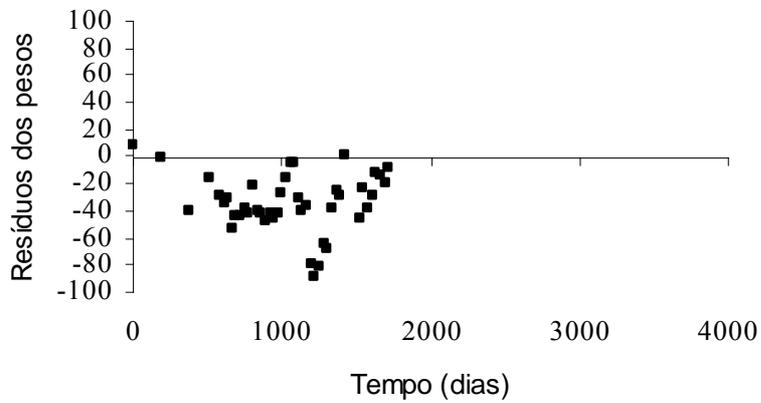


Figura 3 - Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético F_1 MN: $\frac{1}{2}$ Marchigiana $\frac{1}{2}$ Nelore

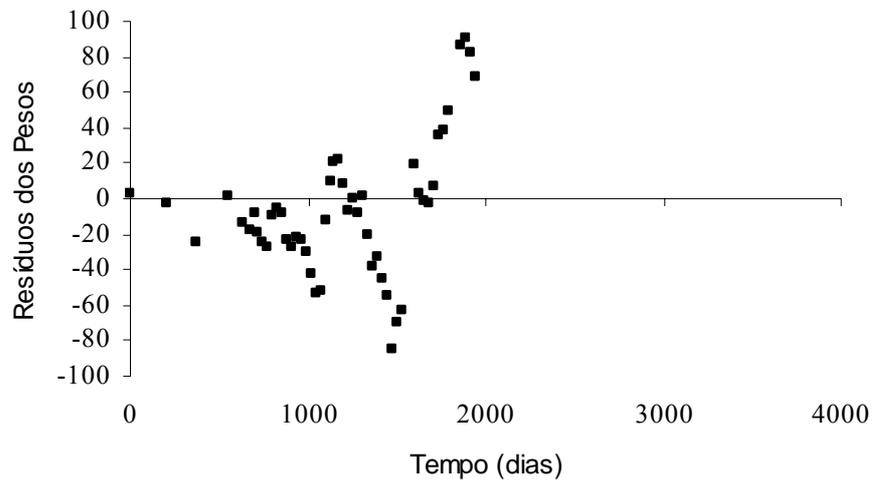


Figura 4 - Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético F₁RN.: (½ Red-Angus ½Nelore)

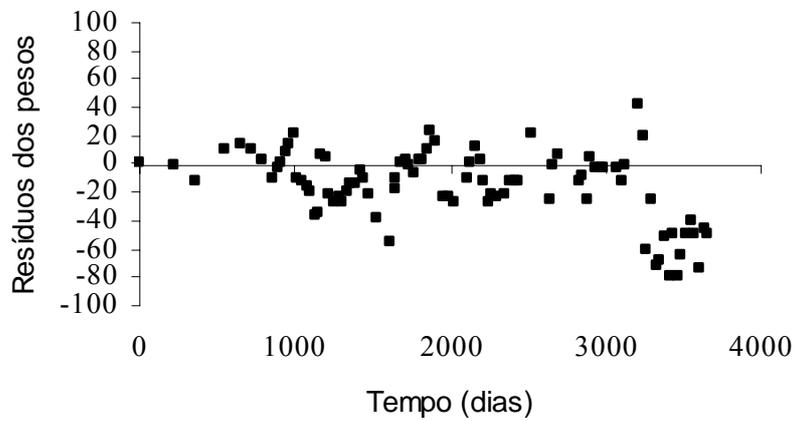


Figura 5 - Diferença entre os valores de pesos observados e estimados (resíduos) através do modelo para o grupamento genético F₁SN.: ½Simental ½Nelore

Observa-se no grupamento MN que a maioria dos resíduos foi menor que zero, provavelmente devido aos animais desse grupamento terem sido controlados por apenas duas ordens de parto, atingindo o peso mínimo estipulado neste estudo, mas não atingindo o peso à maturidade esperado para esse grupamento genético.

4.2 Estimativas dos parâmetros

Ao ser ajustada a função de crescimento proposta neste trabalho os valores estimados dos parâmetros apresentados na Tabela 3 podem ser relacionados com as características produtivas dos grupamentos genéticos estudados.

Ao avaliar o peso inicial (PN), verifica-se que o mesmo foi levemente mais elevado para os animais nos cruzamentos com taurinos (27 kg para RN e MN e 29 kg para SN) do que os obtidos nos cruzamentos com zebuínos (25 kg para NN e GN). Os pesos à maturidade (A) e as taxas de maturação (B), sendo este último indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto, também, seguiram este padrão, as fêmeas nos cruzamentos com taurinos atingiram maior peso à maturidade (A), com valores acima de 500 kg e com maior taxa de maturação (B).

Observa-se que enquanto os grupamentos taurinos atingiram mais de 500 kg entre 1.226 e 2019 dias, as fêmeas Nelore e cruzadas com Guzerá além de apresentarem valores de peso adulto menores, ainda necessitaram de mais tempo para atingi-los, menor que 500 kg, entre 2.277 e 2.412 dias.

As estimativas do parâmetro Gp_{max} (Tabela 3 e Figuras 11 a 15), que é o máximo de ganho de peso durante a gestação, foram maiores no grupamento MN e menores no grupamento NN, o que pode ser atribuído a fatores como diferença de porte dos animais, que compõem os grupamentos genéticos em questão, e também a diferenças metabólicas e de adaptação. A média do ganho

máximo de peso durante a gestação dos grupamentos de fêmeas Nelore e cruzadas GN foi de 47,5 kg, e nas oriundas de cruzamento com taurinos, 61,0 kg. A média do máximo ganho de peso durante a gestação, considerando os cinco grupamentos genéticos, foi de 55,6 kg, resultado semelhante ao obtido por Bereskin e Touchberry (1967) que, ao analisarem informações de vacas das raças Guernsey, Holandes, e seus cruzamentos, abatidas em estágios sucessivos de prenhez, encontraram peso total da prenhez de 65 kg.

A média dos dias, em que ocorre o máximo ganho de peso ($Dp_{g_{max}}$) para os grupamentos, foi de 206 dias (Tabela 3 e Figuras 11 a 15), período onde se observa o máximo de desenvolvimento do feto. Portanto, independentemente do grupamento genético estudado é importante a atenção no terço final do período de gestação.

Ao serem analisadas as estimativas do parâmetro relacionado com a perda máxima de peso durante a lactação (Ppl_{max}), verifica-se superioridade do grupamento NN em relação aos demais, ou seja, os animais NN apresentaram menores valores de perda máxima de peso durante a lactação, 32 kg (Tabela 3 e Figuras 11 a 15). Isso pode ter ocorrido devido aos animais do grupamento NN produzirem menos leite. Quanto ao dia em que ocorre a perda máxima de peso durante a lactação ($DPpl_{max}$), a média dos grupamentos foi aproximadamente de 67 dias, período em que, possivelmente, está ocorrendo o pico de lactação da maioria das vacas, sendo neste período que ocorre o máximo de desbalanço energético dos animais. Tal fato pode explicar este período crítico do crescimento dos animais, tornando necessária uma atenção especial no manejo nutricional neste período.

Nas Figuras 6 a 10 é representado separadamente o desenvolvimento dos animais dos grupamentos genéticos (NN, GN, MN, RN e SN), estudados em função da idade, da gestação e da lactação. Essas representações não permitem a visualização do processo de crescimento como um todo. Mas,

isso pode ser importante para entender com detalhes a contribuição de cada fase isoladamente para o desenvolvimento de fêmeas durante toda a sua vida produtiva. Também, por meio da observação dessas figuras, pode-se confirmar graficamente o que já foi observado na Tabela 3 e discutido nos parágrafos anteriores.

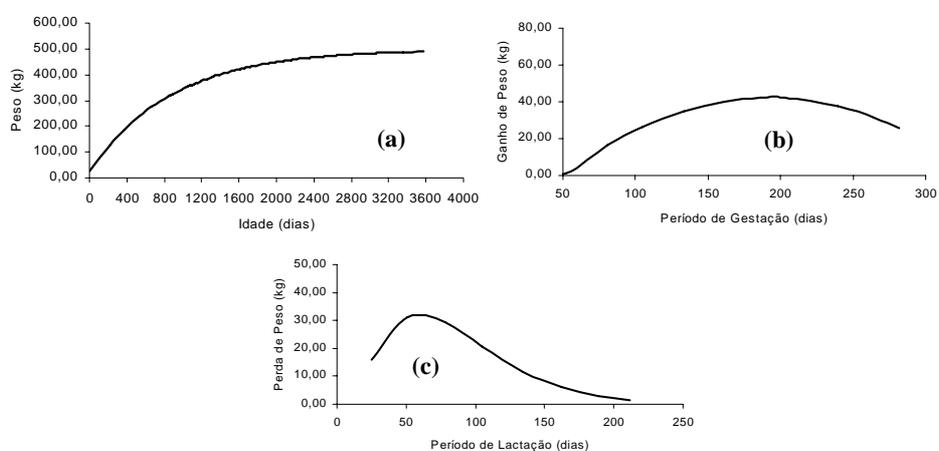


Figura 6 Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento NN: (a) em função da idade; (b) em função da gestação e (c) em função da lactação.

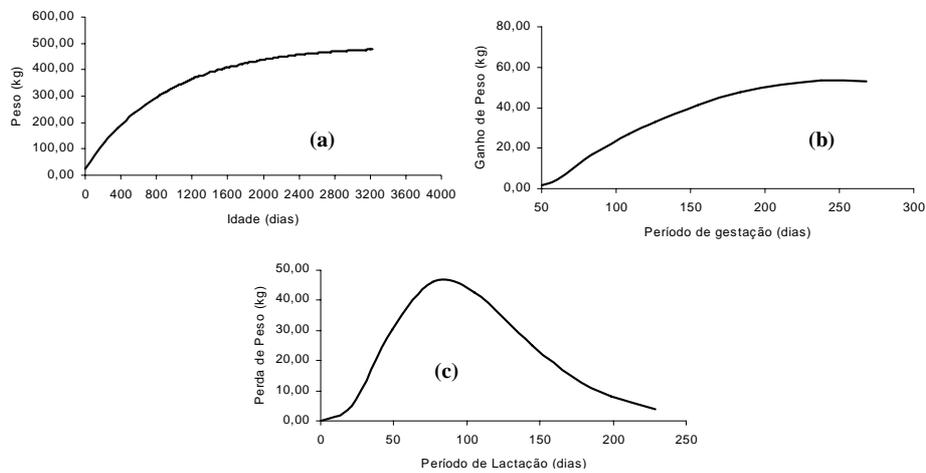


Figura 7 - Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento GN: (a) em função da idade; (b) em função da gestação e (c) em função da lactação.

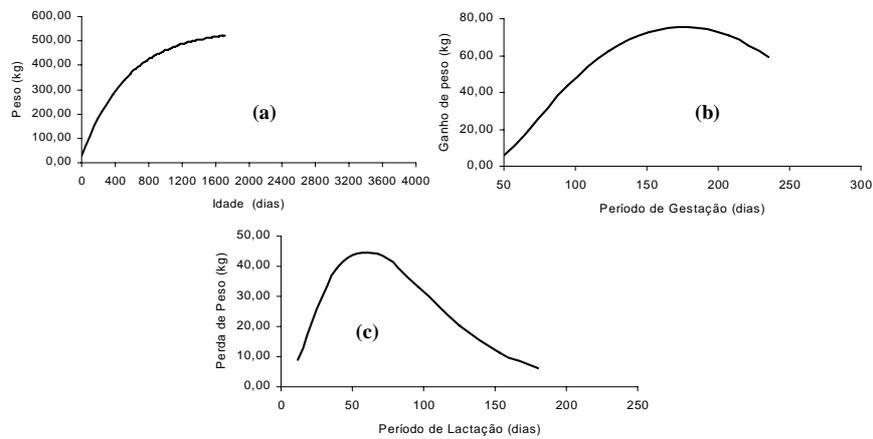


Figura 8 - Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento MN: (a) em função da idade; (b) em função da gestação e (c) em função da lactação.

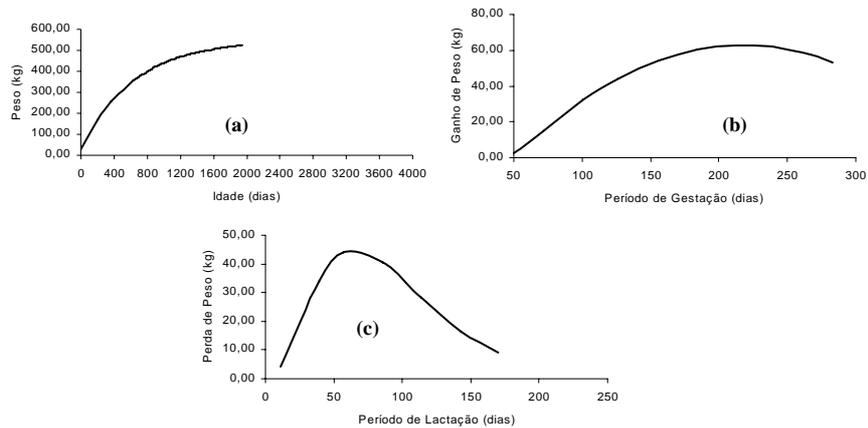


Figura 9 - Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento RN: (a) em função da idade; (b) em função da gestação e (c) em função da lactação.

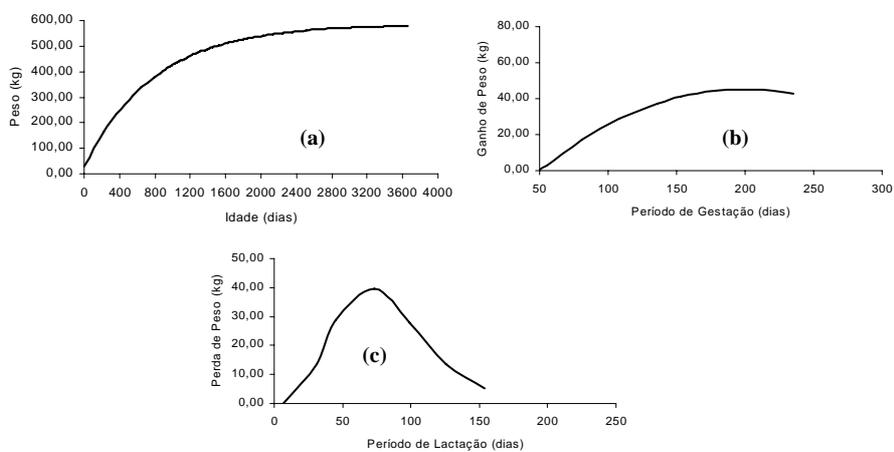
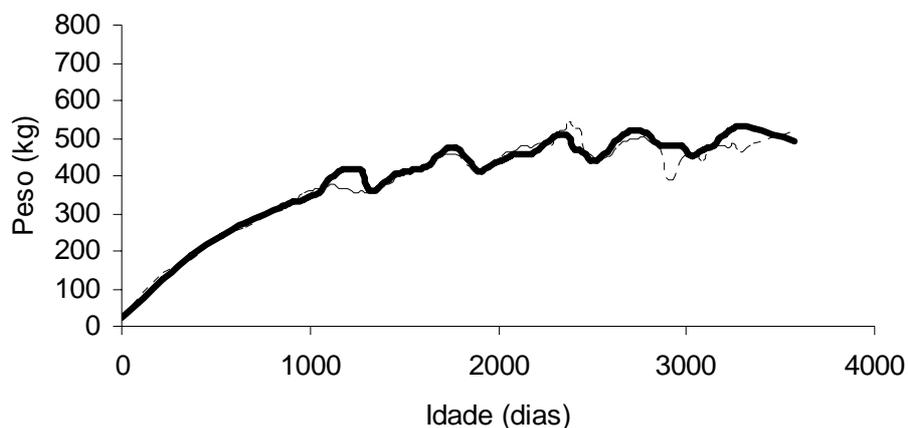


Figura 10 - Curvas de crescimento de fêmeas do grupamento SN: (a) em função da idade; (b) em função da gestação e (c) em função da lactação.

Observam-se nas figuras 11 a 15, que apresentam o crescimento de fêmeas em toda sua vida produtiva em função da idade, gestação e lactação, simultaneamente duas curvas, uma a partir dos parâmetros estimados, e a outra a partir dos dados observados. Nestas representações é possível observar que a nova função ajusta-se bem ao crescimento observado dos animais. Estas figuras reafirmam o que foi discutido a respeito da qualidade de ajuste observada para a função. Sendo assim, com o uso da nova função, é possível tanto descrever como fazer previsões mais adequadas de todo o



crescimento de fêmeas.

Figura 11 - Dados observados (---) e curva estimada (—) de crescimento para fêmeas do grupamento genético Nelore.

Observa-se nas curvas dos grupamentos NN e GN (figuras 11 e 12), que a primeira gestação e lactação estimadas não acompanharam os dados observados, provavelmente devido à autocorrelação dos resíduos, conforme resultados verificados no teste Durbin-Watson; além disso, esses dois grupamentos são exclusivamente zebuínos, portanto, fatores como idade à

primeira gestação e parto, crescimento durante a primeira gestação, dentre outros, deverão ser estudados.

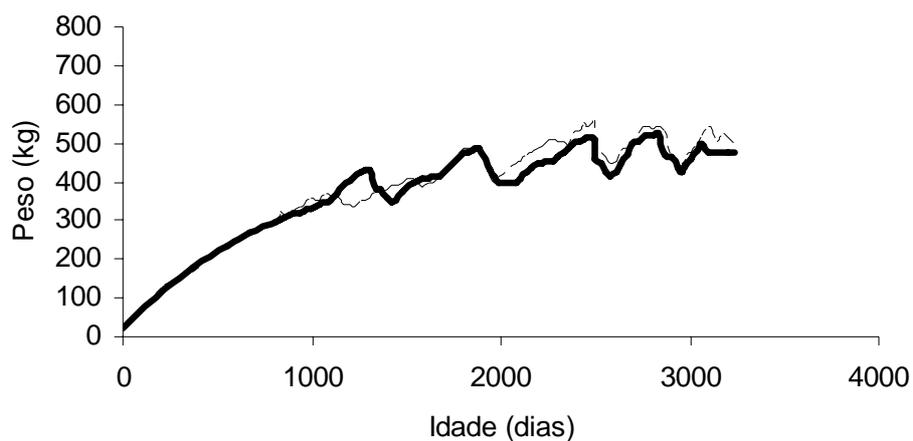


Figura 12 - Dados observados (---) e curva estimada (—)de crescimento para fêmeas do grupamento genético F₁ Guzerá + Nelore.

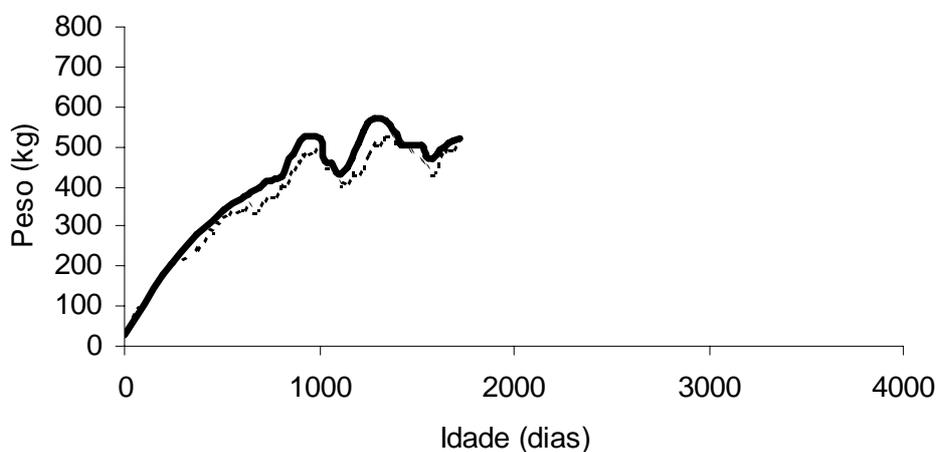


Figura - 13 Dados observados (---) e curva estimada (—)de crescimento para fêmeas do grupamento genético F₁ Marchigiana + Nelore.

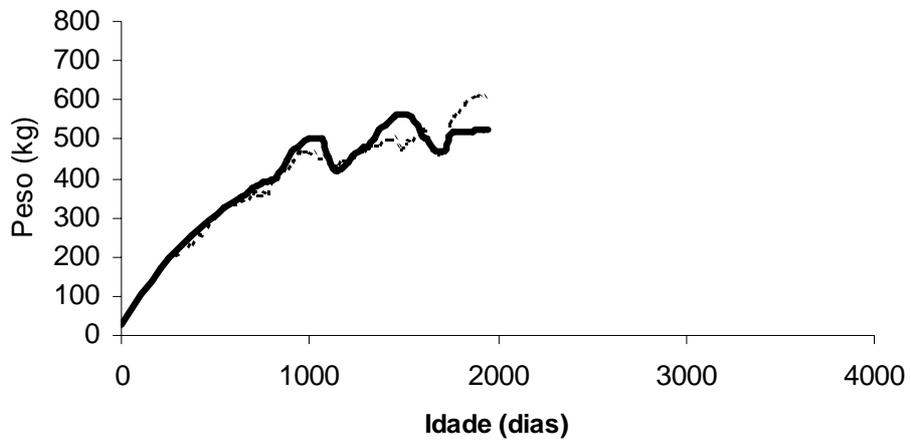


Figura 14 - Dados observados (---) e curva estimada (—)de crescimento para fêmeas do grupamento genético F₁ Red-Angus + Nelore.

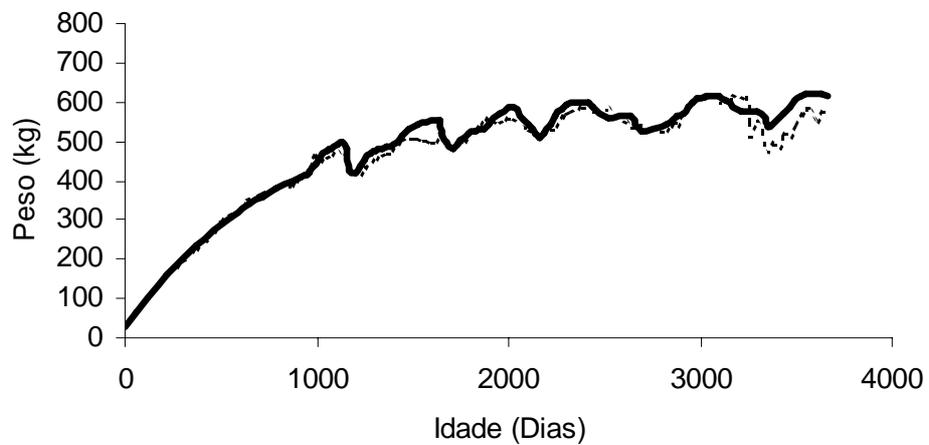


Figura 15 - Dados observados (---) e curva estimada (—)de crescimento para fêmeas do grupamento genético F₁ Simental + Nelore.

Apesar deste trabalho não ter por objetivo a comparação de funções, foram confeccionadas figuras (16 a 20), nas quais, além das informações de crescimento observadas e estimadas pela nova função, é também representado o crescimento estimado em função da idade das fêmeas (Função de Brody) que é comumente observado na literatura. Os resultados, para os grupamentos genéticos estudados, evidenciam que a nova função, para ajustar o crescimento dos animais acompanha o crescimento observado, enquanto a função de Brody, ajustada indistintamente e comumente para machos e fêmeas, não considerando os efeitos de gestação e lactação, suaviza a representação do crescimento dos animais, ou seja, os valores estimados para crescimento são pontos intermediários, que não representam adequadamente o desenvolvimento de fêmeas.

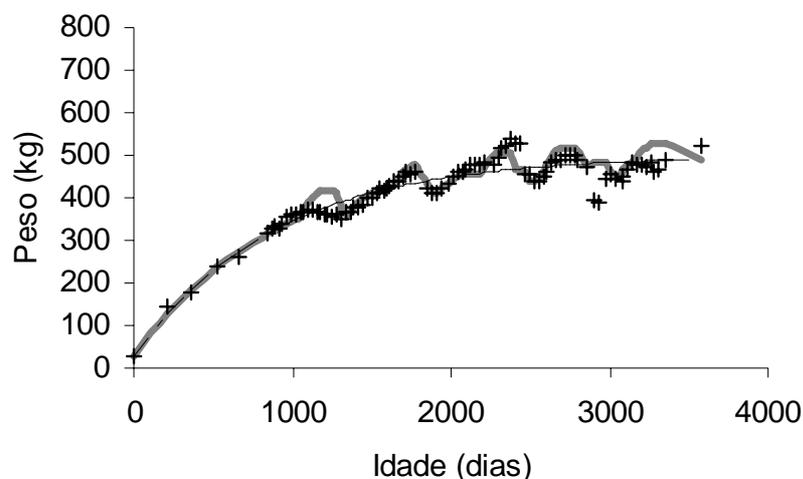


Figura 16 - Pesos observados (+) e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade (-----) e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação (—) para fêmeas do grupamento Nelore.

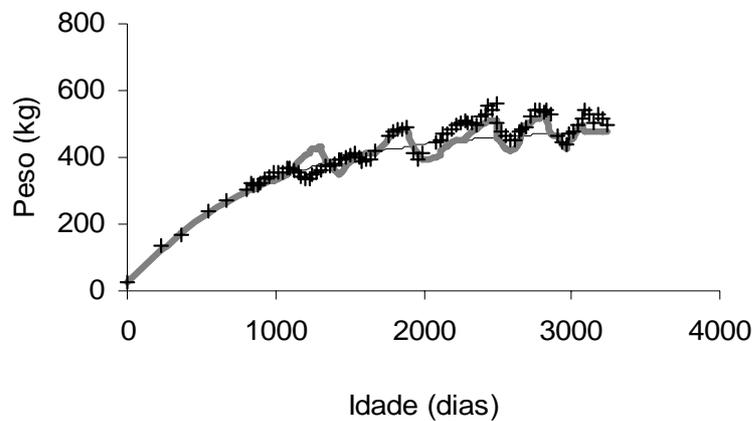


Figura 17 - Pesos observados (+) e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade (-----) e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação (—) para fêmeas do grupamento GN.

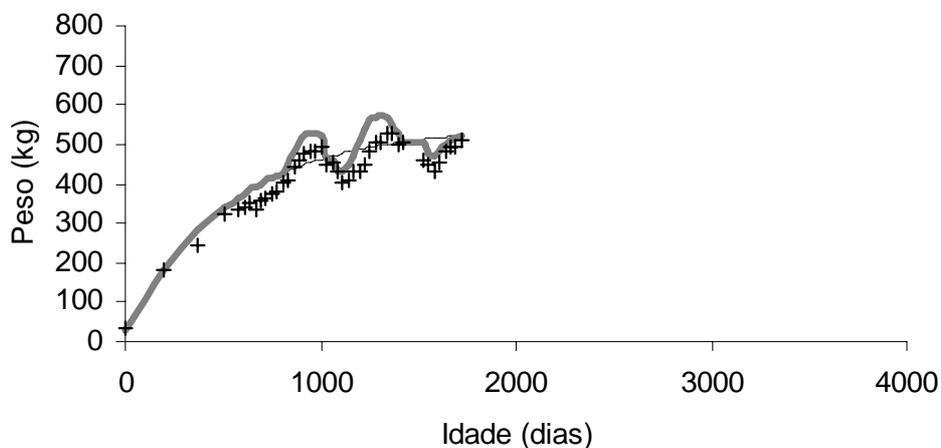


Figura 18 - Pesos observados (+) e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade (-----) e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação (—) para fêmeas do grupamento MN.

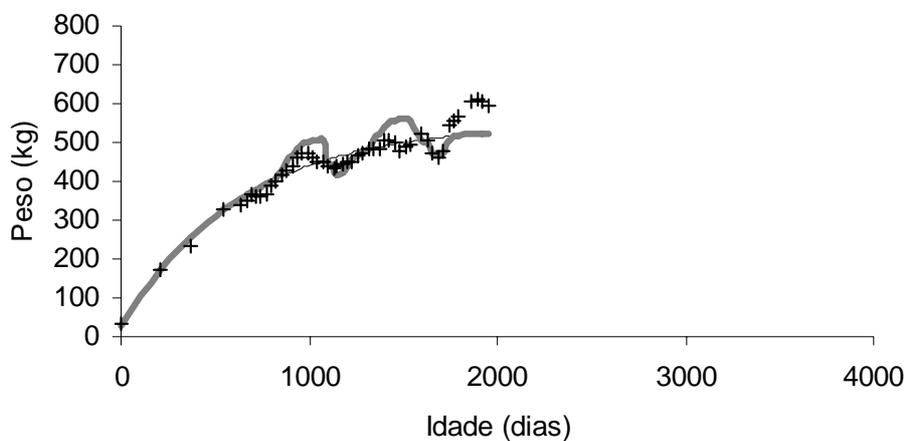


Figura 19 - Pesos observados (+) e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade (-----) e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação(—) para fêmeas do grupamento RN.

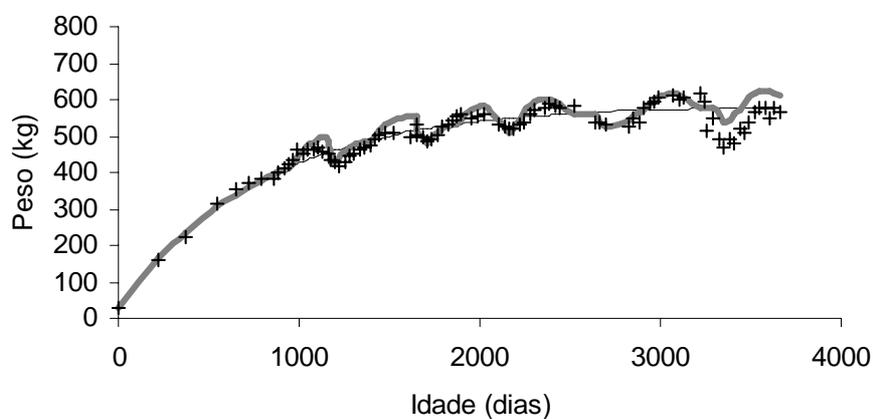


Figura 20 - Pesos observados (+) e curvas de crescimento estimada pela função de Brody, ajuste de peso em função da idade (-----) e estimada através da nova função ajustando-se o peso simultaneamente a idade, gestação e lactação (—) para fêmeas do grupamento SN.

A literatura é pródiga em estudos de curvas de crescimento de animais (Korver et al., 1985; Tedeschi et al., 2000; Sarmiento et al., 2006), nos quais as mesmas funções são usadas indistintamente para descrever o crescimento de machos e de fêmeas. Comumente, observa-se nestes trabalhos que o crescimento de fêmeas é diferente do crescimento de machos. Através da análise dos resultados do ajuste da nova função, proposta neste trabalho, observa-se a necessidade de se considerar e avaliar o desenvolvimento das fêmeas de forma diferente do desenvolvimento dos machos. Isso porque, no crescimento de fêmeas, observam-se processos fisiológicos imperantes os quais não ocorrem nos machos e que devem ser considerados quando da descrição do crescimento observado, em forma ondulatória, de fêmeas. Trabalhos dessa natureza necessitam de um acompanhamento sistemático, de longo prazo e com coleta apropriada de dados, em quantidade e qualidade, o que torna necessária sua realização em universidades e centros de pesquisas.

As aplicações práticas, decorrentes do estudo das curvas de crescimento, nos campos de manejo, nutrição e melhoramento, serão cada vez mais efetivas à medida que as funções representem apropriadamente o desenvolvimento dos animais. No presente estudo, a função proposta apresentou descrições apropriadas, representando de forma adequada o desenvolvimento das fêmeas avaliadas durante toda a vida produtiva.

As considerações levantadas neste trabalho deverão ser posteriormente avaliadas, ao ser relacionado o crescimento das fêmeas às suas necessidades nutricionais, pois, através dessa nova função, pode-se ter uma curva de resposta de crescimento em função das exigências nutricionais, e não as necessidades nutricionais em função de um peso padrão considerado.

No caso do uso dessas funções para a área de melhoramento animal, destaca-se sua importância na estimação de pesos utilizados em programas de melhoramento. Também é fundamental o conhecimento do crescimento das

fêmeas com mais precisão em termos de precocidade de acabamento e peso adulto e, com isso, tentar nos programas de melhoramento de fêmeas alterar a velocidade de acabamento.

Para a avaliação do crescimento de fêmeas na fazenda, o ajuste da nova função a uma base de dados representativa de uma raça, poderá ser útil para a derivação de uma curva de crescimento padrão para esta raça. Assim, quando do manejo de fêmeas dessa raça, o produtor rural poderá ter uma fonte de referência do desenvolvimento de seus animais de forma confiável, tendo a possibilidade de reconhecer os pontos fortes e fracos do desenvolvimento das fêmeas de seu rebanho.

Verifica-se a necessidade de aprofundar os estudos da curva de crescimento de fêmeas. Isso somente ocorrerá através da coleta de informações do peso de fêmeas em função da idade, da gestação e da lactação em toda vida produtiva dos animais.

5 CONCLUSÕES

A nova função proposta explica o crescimento de fêmeas em função dos efeitos da idade, da gestação e da lactação. É caracterizada pela flexibilidade, simplicidade nos procedimentos de ajuste e na interpretação biológica dos parâmetros.

Esta nova função propicia, em contraste aos modelos que são normalmente ajustados ao crescimento de fêmeas, uma melhor compreensão do desenvolvimento em toda a sua vida produtiva em função dos processos fisiológicos imperantes.

Fica evidente a necessidade de ajuste de funções diferenciadas para fêmeas e machos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENDONK, J.A.M. van. A model to estimate the performance, revenues and costs of dairy cows under different production and price situations. **Agricultural Systems**, v.16, p.157-189, 1985.

BARBOSA, P.F. **Análise genético-quantitativa de características de crescimento e reprodutivas em fêmeas da raça Canchim**. 1991. 237p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, SP.

BARBOSA, R.T.; ESTEVES, S.N. **Intensificação da bovinocultura de corte: estratégias de melhoramento genético**. São Carlos: EMBRAPA-CPPSE, 1997. p.41-62.

BERESKIN, B.; TOUCHBERRY, R.W. Some effects of pregnancy on body weight and paunch girth. **Journal Dairy Science**, v.50, p.220-224, 1967.

BERTALANFFY, L. von. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quarterly Review of Biology**, v.32, p.217-230, 1957.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do noroeste do estado do Paraná**. Rio de Janeiro, 1970. 102p. (Boletim Técnico, 14).

BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold, 1945. 1023p.

BROWN, J.E.; BROWN, C.J.; BUTTS, W.T. A discussion on the genetic aspects of weight, mature weight and rate of maturing in Hereford and Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.34, p.525-537, 1972.

CORTARELLI, A. **Estudo da curva de crescimento de machos da raça Nelore através de quatro modelos estocásticos**. 1973. 179p. Tese (Doutorado em Melhoramento Animal) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal, Jaboticabal, SP.

DAVIDIAN, M.; GILTINAN, D.M. **Nonlinear models for repeated measurement data**. 2.ed. London: Chapman Hall, 1996. 359p.

DI MARCO, O.N. **Crecimiento y repuesta animal**. Mar del Plata: Asociación Argentina de Producción Animal, 1993. 129p.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2.ed. New York: J. Wiley, 1981.

ELIAS, A.M. **Análise de curvas de crescimento de vacas das raças Nelore, Guzerá e Gir**. 1998. 128p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Animal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

FERNANDES, H.J.; PAULINO, M.F.; MARTINS, R.G.R.; FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; PAIVA, L.M.; MORAES, G.F.B.K. Ganho de peso, conversão alimentar, ingestão diária de nutrientes e digestibilidade de garrotes não-castrados de três grupos genéticos em recria e terminação **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2403-2411, 2004. (Suplemento, 3).

FITZHUGH JUNIOR, H.A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v.42, p.1036-1051, 1976.

FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.

FONTES, C.A.A. Composição corporal, exigências líquidas de nutrientes para ganho de peso e desempenho produtivo de animais zebuínos e mestiços europeu-zebu. Resultados experimentais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.419-455.

GRANT, A.L.; HELFERICH, W.G. Na overview of growth. In: PERSON, A.M.; DUTSON, T.R. **Growth regulation in farm animals**: advances in meat research. New York: Elsevier Science, 1991. v.7, p.1-16.

GOTTSCHALL, C.S. Impacto nutricional na produção de carne-curva de crescimento. In: LOBATO, J.F.P.; BARCELLOS, J.O.J.; KESSLER, A.M. **Produção de bovinos de corte**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999. p.169-192.

HOFFMAN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão**: uma introdução a econometria. 2.ed. São Paulo: Hucitec, 1987. p.251-256.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, 1974. 49p (Documento, 18).

JORGE, A.M. **Desempenho produtivo, características e composição corporal e da carcaça de zebuínos de quatro raças, abatidos em diferentes estágios de**

maturidade. 1997. 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

KEELE, J.W.; WILLIAMS, C.B.; BENNETT, G.L. A computer model to predict the effects of level of nutrition on composition of empty body gain in beef cattle. I. Theory and development. **Journal of Animal Science**, v.70, p.841-857, 1992.

KORVER, S.J.A.M., ARENDONK, van; KOOPS, W.J. A function for live weight change between two calvings in dairy cattle. **Animal Production**, v.40, p.233-241, 1985.

LAIRD, A.K. Dynamics of relative growth. **Growth**, v.29, p.249-263, 1965.

LÓPEZ, S.; FRANCE, J.; GERRITS, W.J.J.; DHANOA, M.S.; HUMPHRIES, D.J.; DIJKSTRA, J. A generalized Michaelis-Menten equation for the analyses of growth. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1816-1828, 2000.

MANSOUR, H.; JENSEN, E.L.; JOHNSON, L.P. Analysis of covariance structure of repeated measurements in holstein conformation traits. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.8, p.2757-2766, 1991.

MARIANTE, A.S.; ZANCANER, A. **Crescimento e reprodução em gado Nelore: visão do criador e do pesquisador.** São Paulo: Criadores, 1985. 152p.

MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Estimativas de (co)variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.997-1004, 2000.

MEYER, K.; HAMMOND, K.; MACKINNON, M.J. PARNELL, P. F. Estimates of covariances between reproduction and growth in Australian beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3533-3543, 1991.

MOLETTA, J.L.; PEROTTO, D. Desempenho de terneiros desmamados aos 70 dias de idade alimentados com concentrado ou exclusivamente a pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.230-233.

MONTAÑO-BERMUDEZ, M., NIELSEN, M.K. Biological efficiency to weaning and to slaughter of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. **Journal of Animal Science**, v. 68, n.8, p.2297-2309, 1990.

MOREIRA, F.B. Inter-relações entre as bases fisiológicas, nutricionais e genéticas na produção de ruminantes. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v.2, n.1, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/texto.php?id=20>>. Acesso em: 21 jan. 2008.

NELDER, J.A. The fitting of a generalization of the logistic curve. **Biometrics**, v.17, p.89-110, 1961.

OLIVEIRA, H.N.; LOBO, R.B.; PEREIRA, C.S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça guzerá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.9, p.1843-1851, set. 2000.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. (1993). Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3138-3150, 1993.

PARKS, J.R. **A theory of feeding and growth of animals**. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1982. p. 322.

PEROTTO, D.; CUE, R.I.; LEE, A.J. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.72, p.773-782, 1992.

PEROTTO, D. ABRAHÃO J J S, KROETZ I A. Intervalo de partos de fêmeas bovinas Nelore, Guzerá x Nelore, Red Angus x Nelore, Marchigiana x Nelore e Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.733-741, 2006.

RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v.10, p.290-300, 1959.

ROSA, A.N.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N.; BEZERRA, L.A.F.; BORJAS, A.R. Peso adulto de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.1027-1036, 2001.

SANDLAND, R.L.; MCGILCHRIST, C.A. Stochastic growth curve analysis. **Biometrics**, v.35, n.1, p.255-271, 1979.

SARMENTO, J.L.R.; REGAZZI, A.J.; SOUSA, W.H.; TORRES, R.A.; BREDA, F.C.; MENEZES, G.R.O. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.435-442, 2006.

SHERROD, P.H. **NLREG Version 4.1**. Brentwood, USA, 1988. Software.

SMITH, B.A.; BRINKS, J.S. Estimation of genetic parameters among reproductive and growth traits in yearling heifers. **Journal of Animal Science**, v.67, p.2886-2891, 1989.

TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; NARDON, R.F.; LEME, P.R. Estudo da curva de crescimento de animais da raça guzerá e seus cruzamentos alimentados a pasto, com e sem suplementação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.2, p.630-637, mar./abr. 2000.

TEIXEIRA, J.C. **Nutrição de ruminantes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

UNANIAN, M.M.; BARRETO, C.C.; FREITAS, A.R.; CORDEIRO, C.M.T.; JOSAHKIAN, L. A. et al. Associação do polimorfismo do gene do hormônio de crescimento com a característica peso em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 380-386, 2000.

WILLIAMS, C.B.; KEELE, J.W.; BENNETT, G.L.A. Computer model to predict the effects of level of nutrition on composition of empty body gain in beef cattle. II. Evaluation of the model. **Journal of Animal Science**, v.70, p.858-866, 1992.

WOOD, P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. **Nature**, v.216, p.164-165, 1967.

ANEXO

TABELA 1A - Dados de pesagens de toda vida produtiva de uma vaca F₁ Guzerá x Nelore.

t ^l	P	Op	tp	tl
27	1	1	0	0
137	236	1	0	0
155	369	1	0	0
215	551	1	0	0
262	740	1	0	0
391	1104	1	0	0
410	1133	1	0	0
400	1162	1	18	0
410	1190	1	35	0
418	1218	1	63	0
418	1246	1	90	0
433	1274	1	119	0
431	1303	1	147	0
415	1330	1	174	0
425	1357	1	200	0
420	1384	1	226	0
418	1413	1	255	0
365	1441	1	0	10
360	1468	1	0	37
364	1497	1	0	66
382	1527	1	0	96
380	1554	1	0	123
385	1583	1	0	151
398	1610	1	0	178
385	1637	1	0	205
380	1665	1	0	0
382	1693	1	0	0
360	1721	1	0	0
395	1749	1	0	0
385	1777	1	0	0
420	1805	2	9	0
435	1834	2	37	0
435	1859	2	62	0
457	1889	2	92	0
465	1917	2	119	0
500	1945	2	147	0

“...continua...”

t	p	op	tp	tl
507	1973	2	174	0
515	2001	2	202	0
518	2028	2	229	0
505	2057	2	258	0
512	2085	2	286	0
462	2114	2	0	27
405	2142	2	0	55
425	2170	2	0	56
436	2198	3	24	80
475	2224	3	50	109
478	2253	3	79	138
498	2281	3	107	166
495	2309	3	135	194
505	2337	3	163	0
526	2365	3	191	0
545	2393	3	219	0
525	2420	3	246	0
535	2448	3	274	0
480	2476	3	0	11
475	2504	3	0	39
453	2533	3	0	68
455	2560	4	11	95
490	2588	4	39	123
490	2616	4	67	151
515	2645	4	96	180
520	2673	4	123	0
572	2700	4	150	0
550	2729	4	179	0
560	2757	4	207	0
530	2787	4	237	0
550	2812	4	262	0
540	2839	4	289	0
467	2868	4	0	0
460	2896	4	0	57
470	2925	4	0	86
455	2953	4	0	114
470	2981	5	26	142
478	3009	5	54	170
500	3037	5	81	197
518	3065	5	109	225
545	3093	5	135	0

¹p = peso em kg; t = idade em dias ; op = ordem de parto; tp = dias em que o animal está em gestação e tl = dias em que o animal está em lactação.