

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
Universidade de São Paulo

## Ajuste do modelo Gompertz aos dados de crescimento de frangos de corte

Andréia Pereira Maria Hilário

Orientador: Prof. Dr. César Gonçalves de Lima

Coorientador: Prof. Dr. Geert Molenberghs

- 1 Introdução
- 2 Modelos não lineares mistos
- 3 Modelo Gompertz
- 4 Descrição do experimento
- 5 Resultados iniciais
- 6 Referências

- A carne de frango é a fonte de proteína animal que mais cresce no Brasil e no mundo, sendo o Brasil o maior exportador e o segundo maior produtor.
- Muitos estudos têm sido desenvolvidos com o interesse de aumentar o lucro e diminuir o custo no sistema de produção da carne de frango.
- Os modelos não lineares são amplamente utilizados na descrição do crescimento das aves (GOMPertz, 1825; BRODY, 1945; VON BERTALANFFY, 1957; RICHARDS, 1959)

# Modelos não lineares mistos

Como descrito em Pinheiro (2002), no 1º estágio, a  $j$ -ésima observação no  $i$ -ésimo grupo é dado por

$$\mathbf{y}_{ij} = f(\boldsymbol{\phi}_{ij}, \mathbf{x}_{ij}) + \boldsymbol{\varepsilon}_{ij}, \quad i = 1, \dots, M, \quad j = 1, \dots, n_i$$

em que  $f$  é uma função não linear de um vetor de grupo específico de parâmetros  $\boldsymbol{\phi}_{ij}$  e o vetor de covariáveis  $\mathbf{x}_{ij}$ , os  $\boldsymbol{\varepsilon}_{ij}$  são normalmente distribuídos, independentes termos de erros dentro do grupo,  $M$  é o número total de grupos, e  $n_i$  é o número de observações no  $i$ -ésimo grupo.

No 2º estágio os parâmetros de grupos específicos são modelados como

$$\phi_{ij} = \mathbf{A}_{ij}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{B}_{ij}\mathbf{b}_i$$

em que  $\boldsymbol{\beta}$  representa os efeitos fixos;  $\mathbf{b}_i$  os efeitos aleatórios (variando com  $i$  mas não com  $j$ ), que são assumidos ser independentemente distribuídos como  $N(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Psi})$ .  $\mathbf{A}_{ij}$  e  $\mathbf{B}_{ij}$  são matrizes de delineamento para os efeitos fixos e aleatórios, respectivamente, que podem depender dos valores de algumas covariáveis na  $j$ -ésima observação. Além disso, é assumido que  $\mathbf{b}_i$  são independentes de  $\boldsymbol{\varepsilon}_{ij}$ .

# Modelo Gompertz

O modelo Gompertz utilizado é dado por

$$f(t, \boldsymbol{\beta}) = \beta_1 e^{-\beta_2 \beta_3^t}, \quad (1)$$

em que  $\beta_1$  é o valor limite de crescimento ou assíntota,  $\beta_2$  representa o valor da função em  $t = 0$  e  $\beta_3$  é o parâmetro de escala do eixo das abscissas.

# Modelo Gompertz com efeitos aleatórios

O correspondente modelo para o consumo médio  $y_{ij}$  do indivíduo  $i$  no dia  $t_{ij}$  é

$$y_{ij} = \phi_{1i} e^{-\phi_{2i} \phi_{3i}^{t_{ij}}} + \epsilon_{ij},$$

$$\boldsymbol{\phi}_i = \begin{pmatrix} \phi_{1i} \\ \phi_{2i} \\ \phi_{3i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{1i} \\ b_{2i} \\ b_{3i} \end{pmatrix} = \boldsymbol{\beta} + \mathbf{b}_i, \quad (2)$$

$$\mathbf{b}_i \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{G}), \quad \epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2).$$

# Descrição do experimento

Com objetivo de avaliar o desempenho produtivo de frangos de corte, realizou-se um experimento no delineamento casualizado em blocos.

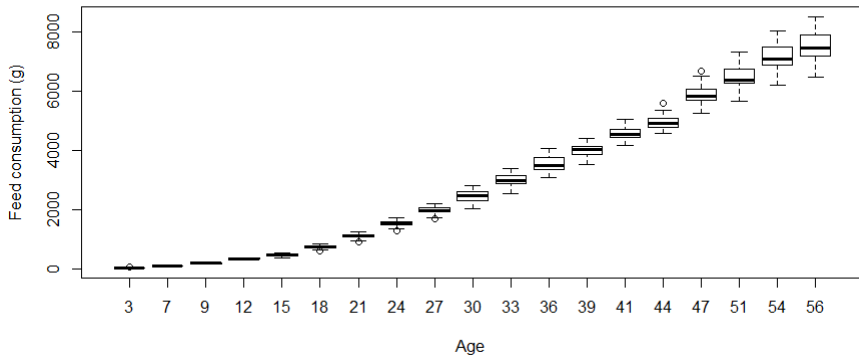
- Período do experimento: 1 a 56 dias (19 medidas no tempo);
- 6 Blocos;
- 6 Tratamentos no esquema fatorial ( $3 \times 2$ ): 3 densidades nutricionais (baixa, moderada e alta) e 2 Sexo (masculino e feminino);
- 1080 frangos de um dia da linhagem Ross distribuídos em 36 boxes com 30 aves cada.

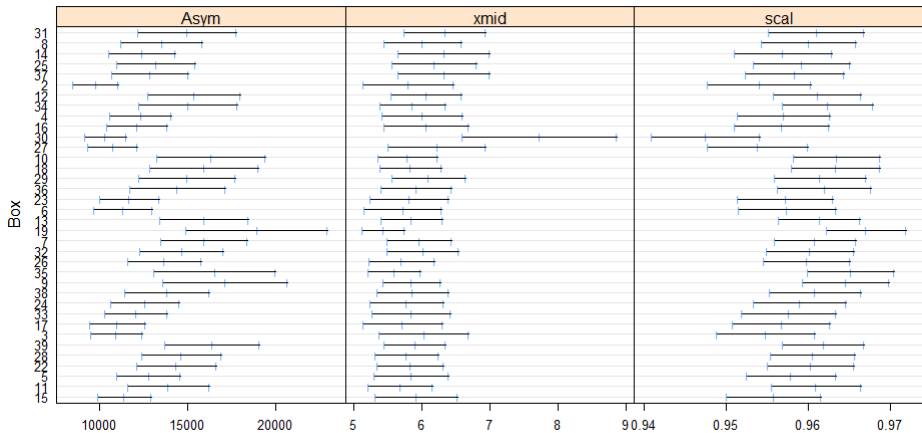


- Consumo de ração em gramas (CR)
- Peso corporal em gramas (PC)
- Ganho de peso corporal em gramas (GP)
- Conversão alimentar (CA)
- Viabilidade criatória em % (VC)
- Índice de eficiência produtiva (IEP)

# Resultados iniciais

Age vs Feed consumption (g)

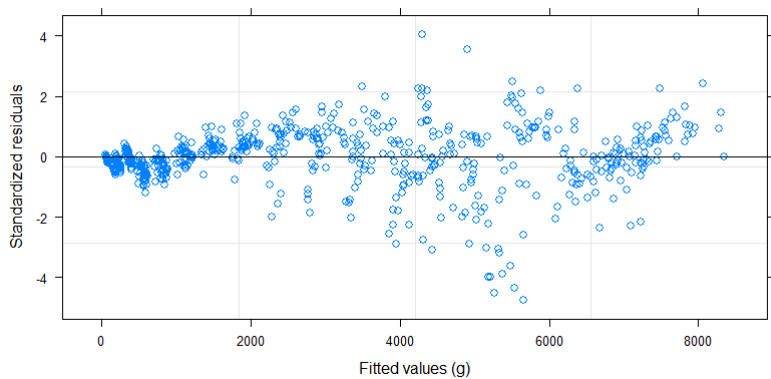




# Modelo Gompertz com efeitos mistos

**Tabela:** Seleção dos efeitos aleatórios para o modelo Gompertz com efeitos mistos

Mod.	Efeito aleatório	GL	AIC	BIC	Comp.	TRV	valor de $p$
M1	$\beta_1, \beta_2, \beta_3$	7	8787,94	8819,64			
M2	$\beta_1, \beta_2$	6	8785,94	8813,11	1 vs 2	$1,25 \times 10^{-6}$	0,99
M3	$\beta_1$	5	8822,20	8844,84	2 vs 3	38,26*	< 0,0001
M4	$\beta_2$	5	9052,10	9074,74	2 vs 4	268,16*	< 0,0001

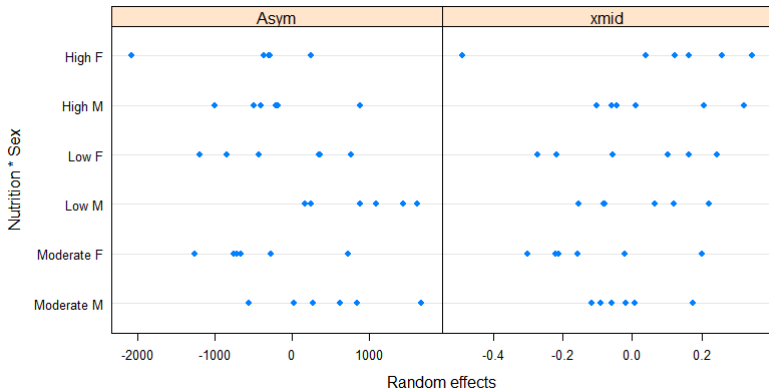


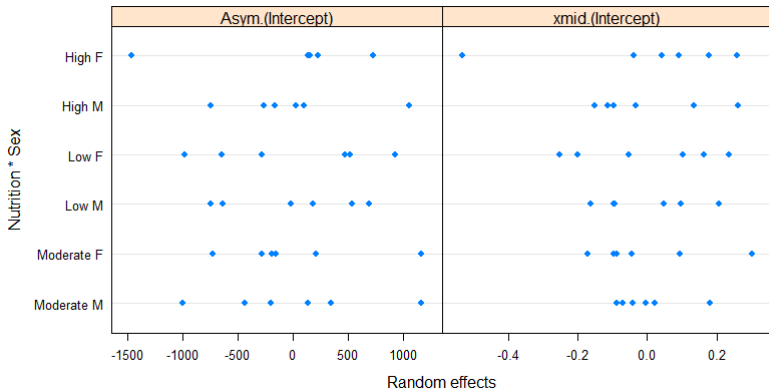
# Modelo Gompertz com efeitos mistos

**Tabela:** Seleção de diferentes estruturas da matriz de variâncias e covariâncias para o modelo Gompertz com efeitos mistos (modelando a heterogeneidade)

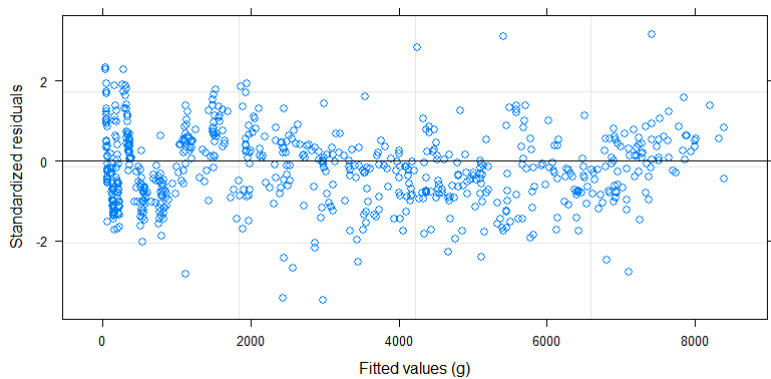
Mod.	Estrutura da matriz*	GL	AIC	BIC	Comp.	TRV	valor de $p$
M2	CVH	6	8785,94	8813,11			
M5	CVH(v.a.)	7	8137,14	8168,83	5 vs 2	650,80	< 0,0001
M6	CVIdent(Age)	24	7975,81	8084,49	5 vs 6	195,32*	< 0,0001

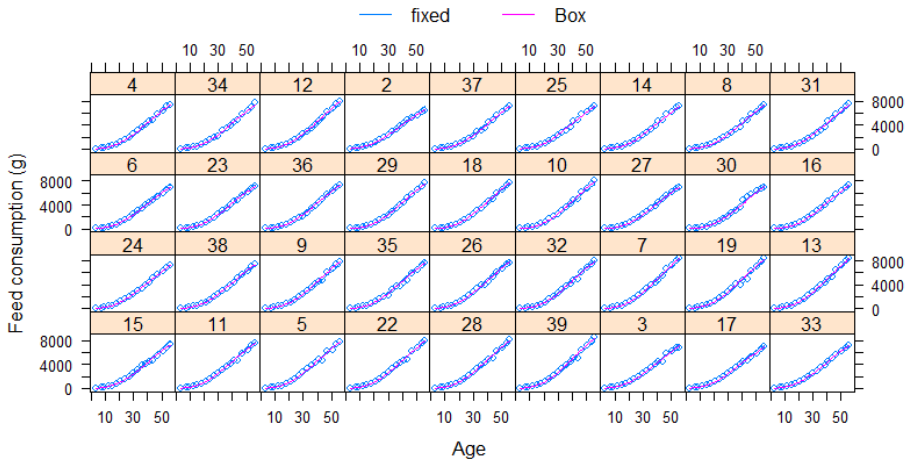
\* CVH: Componentes de variância heterogêneos; CVH(v.a.): Componentes de variância heterogêneos com os valores ajustados como covariável da variância; CVIdent(Age): Componentes de variância heterogêneos com diferentes variâncias para cada nível de Idade











# Referências



BERTALANFFY, L. Stoffwechselftypen und Wachstumstypen. **Biologisches Zentralblatt**, v. 61, p. 510-532, 1941.



BRODY, Samuel. Bioenergetics and growth; with special reference to the efficiency complex in domestic animals. 1945.



GOMPERTZ, Benjamin. XXIV. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. In a letter to Francis Baily, Esq. FRS &c. Philosophical transactions of the Royal Society of London, 1825, 115: 513-583.



PINHEIRO, José C. Model building using covariates in nonlinear mixed-effects models. Journal de la société française de statistique, v. 143, n. 1-2, p. 79-101, 2002.



PINHEIRO, José et al. R Core Team (2014) nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-117. Available at <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>, 2014.



PINHEIRO, J.C.; BATES, D.M. **Mixed-Effects Models in S and S-PLUS**. New York: Springer-Verlag, 2000. 528 p.



RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v. 10, p. 235-246, 1959

# Obrigada!!!