Planilha para modelagem de curvas PPM e PPO

Manoel Garcia Neto
m.garcia@.unesp.br

Planilha para modelagem de curvas PPM

Descrever o crescimento não é uma tarefa fácil, pois em sua dinâmica ocorrem mudanças de tamanho, formato e proporções. Assim, são muito complexas as interações do desenvolvimento animal (Lawrence & Fowler, 2002).

Entretanto, através do estudo de curvas de crescimento (modelagem) é possível introduzir simplicidade nessa complexidade, mesmo quando avaliados diferentes genótipos, manejo, condições nutricionais e ambientais (Knízetová et al, 1983).

Quando ajustamos curvas, o progresso é, geralmente, relacionado ao tempo (horas, dias, semanas, anos, etc.). A beleza da aplicação de curvas de crescimento está em sua diversidade. Essa dinâmica é aplicada, por exemplo, para avaliar o desenvolvimento de tumor (Hindeya & Murthy, 2016), peso de nematoides (Proctor, 1979), altura de florestas (Fekedelegn et al., 1999), doenças de plantas (Benger, 1981), peso de lentes dos olhos de coelhos (Dudzinski & Mykytowycz, 1961). Portanto, os modelos não lineares e suas aplicações são muito diversos, abrangendo também uns dos nossos interesses de pesquisa, o crescimento corporal e dos componentes dos animais (Knízetová et al, 1985,1991ab; France et al, 1996).

Os processos bioquímicos demandam tempo, razão do crescimento não ser instantâneo, o que é bem observado por Lawrence & Fowler (2002), quando exemplificam que os processos de alimentação, de digestão, de deposição de tecidos e de excreção, tudo isso envolve tempo. Muito tempo para o crescimento de um elefante (50 anos), semanas para um frango de corte ou minutos para algumas bactérias (http://biologia.ifsc.usp.br/bio4/aula/aula06.pdf).

Entretanto, independentemente do tempo, há uma característica comum, o formato sigmoide dessas curvas de crescimento, com formato de S, sinalizando um momento de auto aceleração positiva e posteriormente negativa (lei dos rendimentos decrescentes) (Jorgensen, 1981).

Ainda, segundo Lawrence & Fowler (2002), pode-se considerar que o processo de crescimento apresenta, qualitativamente, quatro fases: 1- crescimento exponencial; 2- crescimento linear; 3- crescimento decrescente e 4-peso estabilizado (adulto) (Figura 1). Uma razão para justificar esses diferentes comportamentos da curva (1, 2, 3 e 4) está nas limitações de recursos como: disponibilidade de nutrientes, oxigênio, espaço, exigências de manutenção, proporções corporais (ex. carcaça e vísceras), inviabilizando que o crescimento se mantenha apenas na primeira fase exponencial (Hindeya & Murth, 2016; Lawrence & Fowler, 2002).

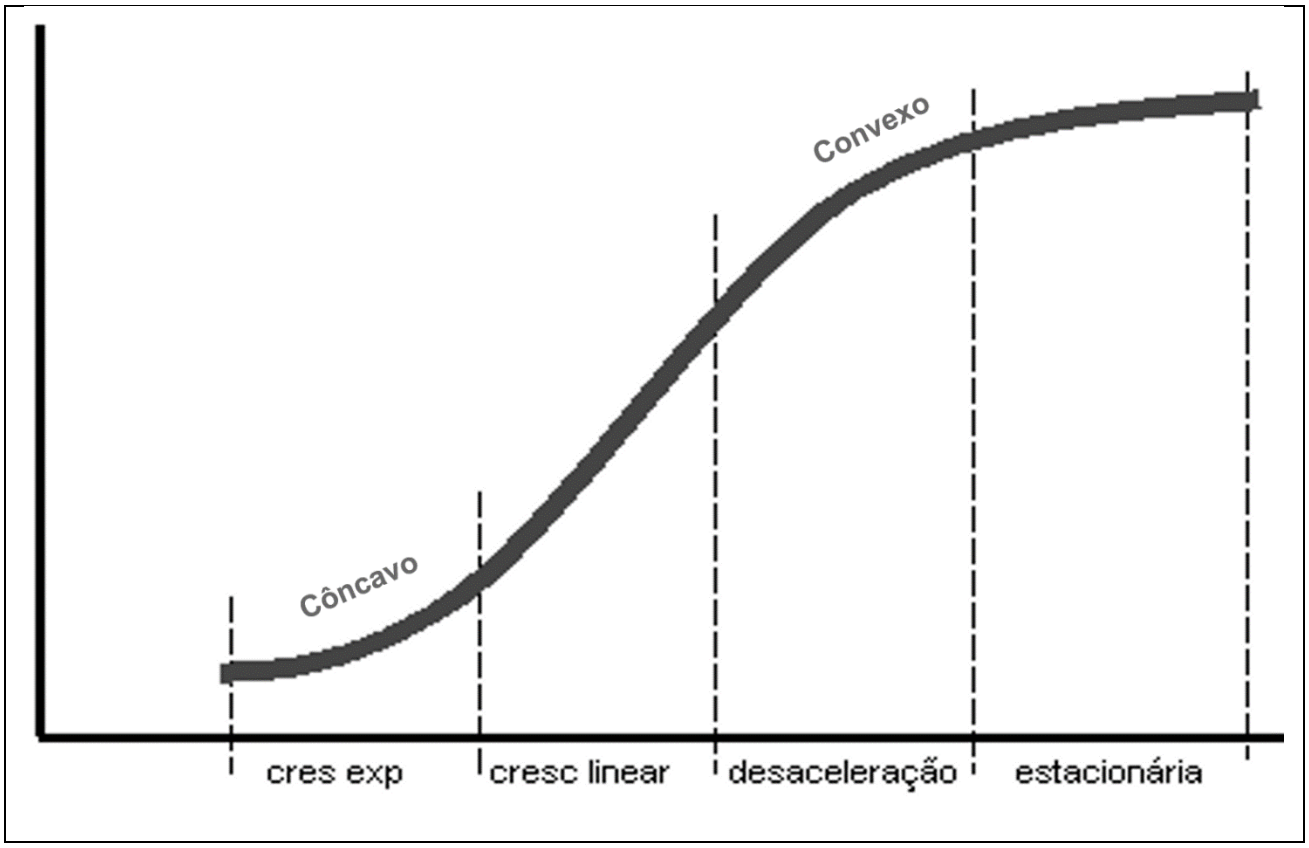


Figura 1- Curva em S representando as quatro fases do crescimento.

Do exposto, o crescimento não é uma simples representação exponencial, mas envolve basicamente, um conjunto sequencial de formatos (exponencial, linear, curvilínea, e, finalmente, a estabilização), muito bem descritas pelo formato em sigmoide das funções bem conhecidas de Gompertz, Logistica e von Bertalanffy (Knízetová et al, 1985,1991ab).

Em uma recente revisão, nos deparamos com outra proposta de curva denominada função de Koya-Goshu (Figura 2), destinada, também, para ajustar modelos de crescimento,

seja de dados reais ou para predizer novas observações. Entretanto, o que surpreendeu é que esta função acomoda todas as outras sigmoides (Brody, von Bertalanffy, Richards, Weibull, Monomolecular, Mitscherlich, Gompertz, Logística e, por fim, a generalizada Logística). Ainda, é considerada como sendo mais flexível que todas as citadas anteriormente. Mas apresenta um preço, necessita de oito parâmetros (Koya & Goshu, 2013).

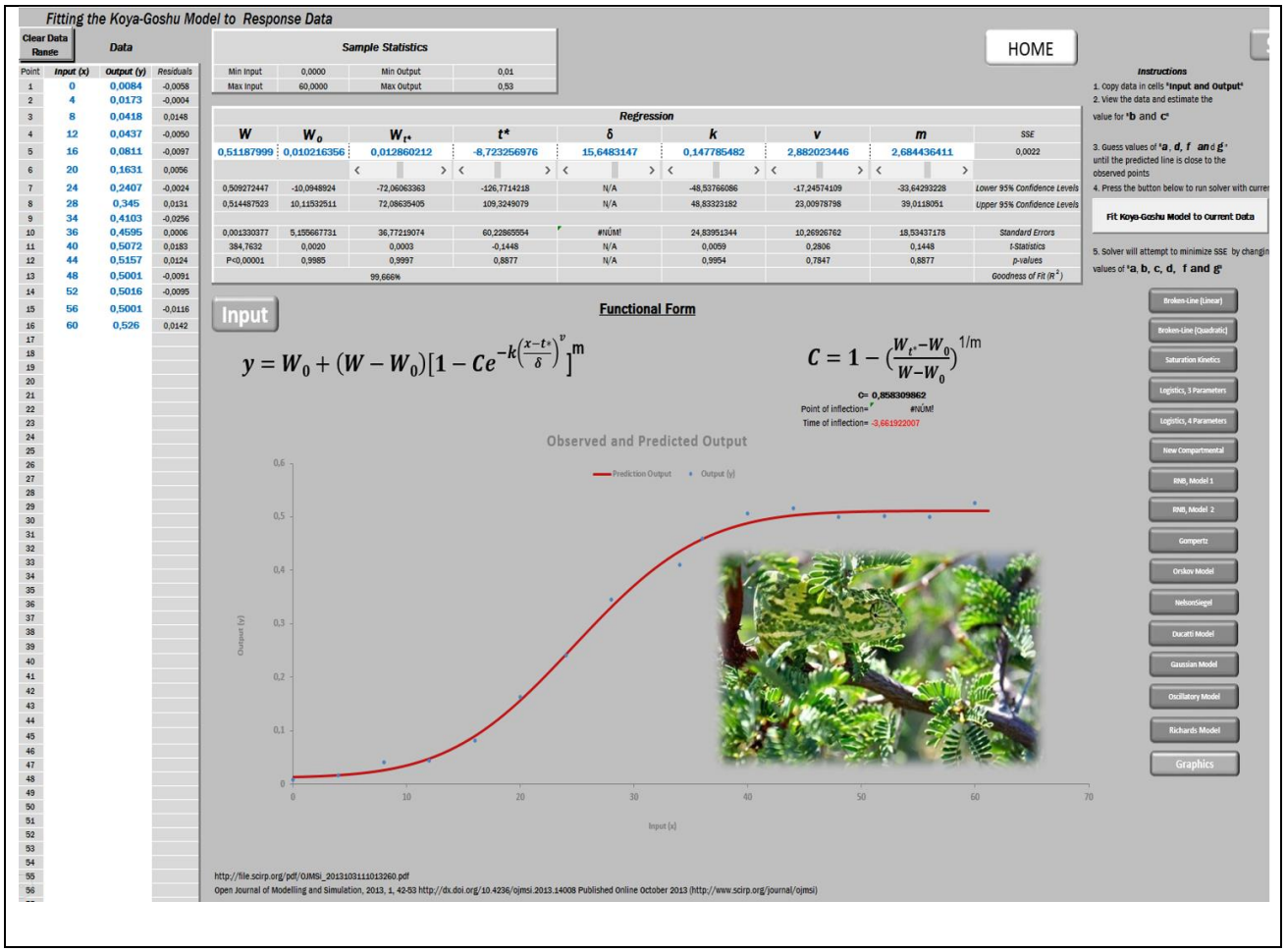


Figura 2- Função de Koya-Goshu com oito parâmetros. , https://netnature.wordpress.com/2015/07/13/camaleoes-estereopsia-e-visao-monocular/

Com esse atual desafio, iniciamos nossas tentativas para introduzir esse novo modelo matemático generalizado para crescimento na planilha PPM, e que num primeiro momento mostrou aplicação e ajuste, mas estamos “apanhando” com o cálculo do ponto de inflexão.

Retornando à questão das diferentes fases: Fase Linear- quando o anabolismo e o catabolismo (captação de nutrientes vs crescimento de tecidos corporais) são mais ou menos balanceados; Fase dos retornos decrescentes- os tecidos depositados (manutenção)

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

exigem tanto que o balanço fica desfavorável para manter cada vez menos o crescimento linear, forçando a reta dobrar. Finalmente, a última fase, em que o animal atinge seu peso de maturidade (100% para manutenção) (Lawrence & Fowler, 2002).

Deste modo, há várias funções para descrever o formato sigmoide de crescimento, que, com elegância e com parâmetros com apelo biológico, como é o caso do Modelo de Richards com quatro parâmetros (Seber & Wind, 2003). Entretanto, apesar de uma possível melhor flexibilidade da curva de Koya-Goshu, há de se considerar a necessidade de um maior número de parâmetros (8), fato que exige maior complexidade de ajuste, e também por apresentar muitos destes parâmetros obscuros, biologicamente, e sem nenhuma relação coerente com fatores biológicos, sendo razoável, por enquanto, continuarmos indicando o modelo de Richards (Figura 3).

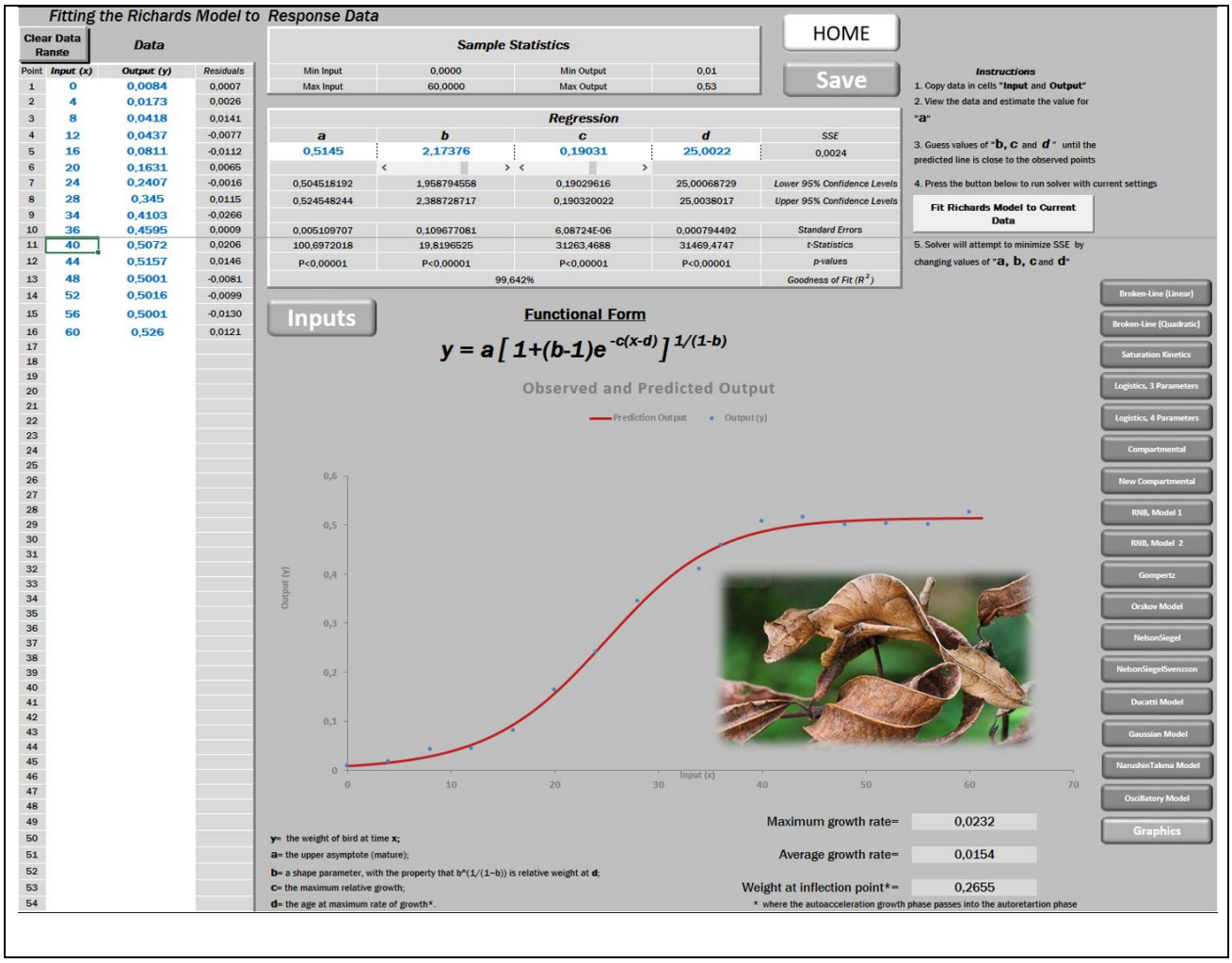


Figura 3- Função de Richards com quatro parâmetros. https://mundo-animal.fandom.com/pt/wiki/Camale%C3%A3o

De certo, quando o desejo é apenas ajustar os dados, como no caso da planilha PPO (https://sites.google.com/site/ppoprogramforoptimization/), mesmo com uma quantidade alta

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

de parâmetros (sete para o NT3 de Narushi-Takma, 2003), a flexibilidade é muito bem vinda, visto que, obviamente, não há apelo biológico para os parâmetros das equações NT1, NT2 e NT3 utilizadas no PPO, mas sim o propósito de excelentes ajustes dos dados.

Em vista disso, queremos nesse relatório destacar uma família denominada Richards, por incorporar outras conhecidas funções (monomolecular, von Bertalanffy, Gompertz e Logostica) (Lawrence & Fowler, 2002) (Figura 4). Ou seja, um verdadeiro camaleão matemático, que é capaz de representar bem as quatro fases já mencionadas (exponencial, linear, curvilínea, e o platô). Lembrando, sem preterir, o mérito, daquele que poderá ser apresentado como pai dos camaleões (Koya-Goshu, 2013).

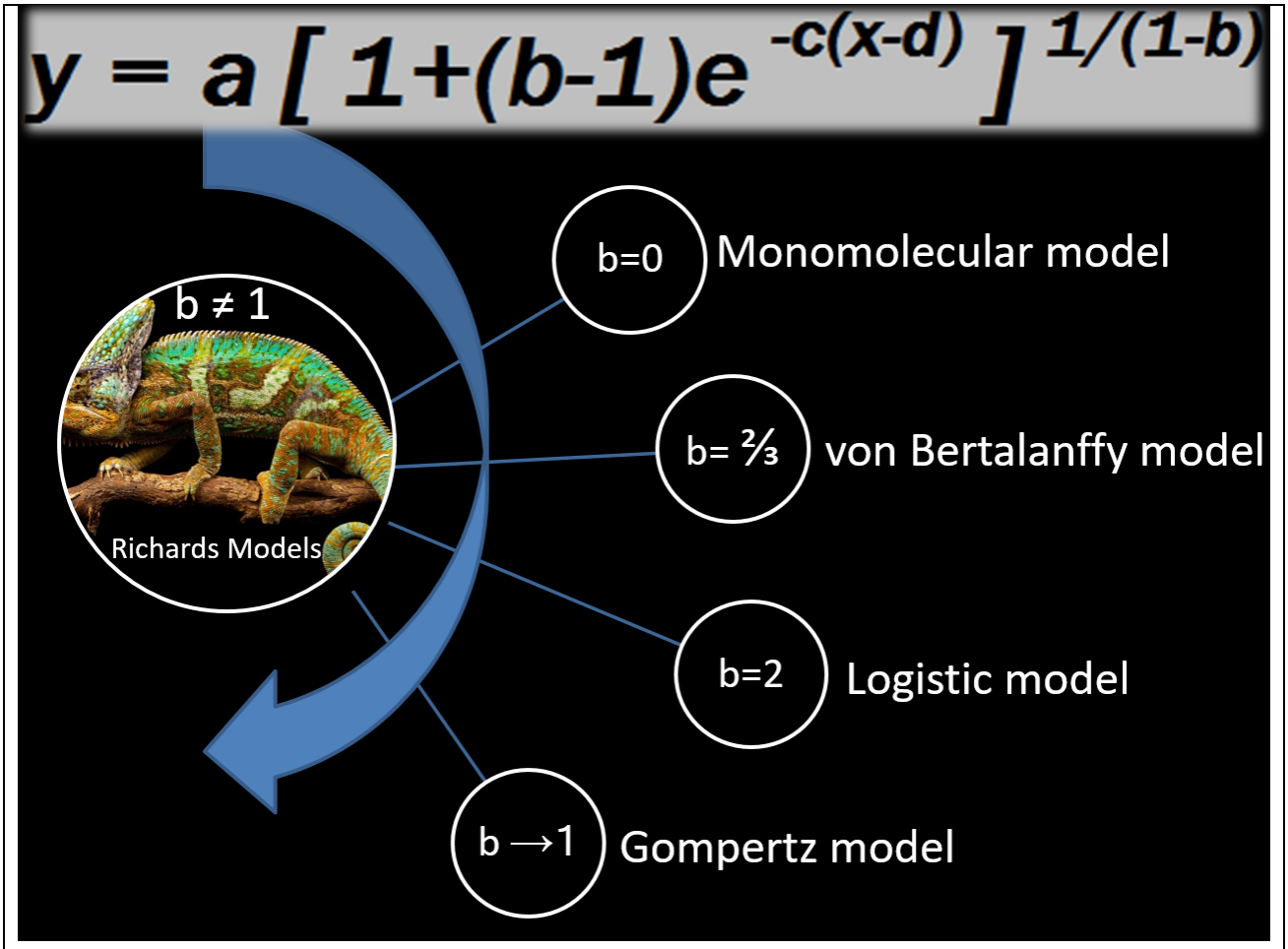


Figura 4- Família Richards ao representar outros modelos. https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Curiosidades/curiosidades_camaleao.php

Camaleão matemático é a forma carinhosa que nos referimos sobre a habilidade desse modelo representar outras funções, como comparação para nossos orientados, sobre

a relação de semelhança da capacidade de transformação (Richards e Koya-Goshu) (Figura 5).

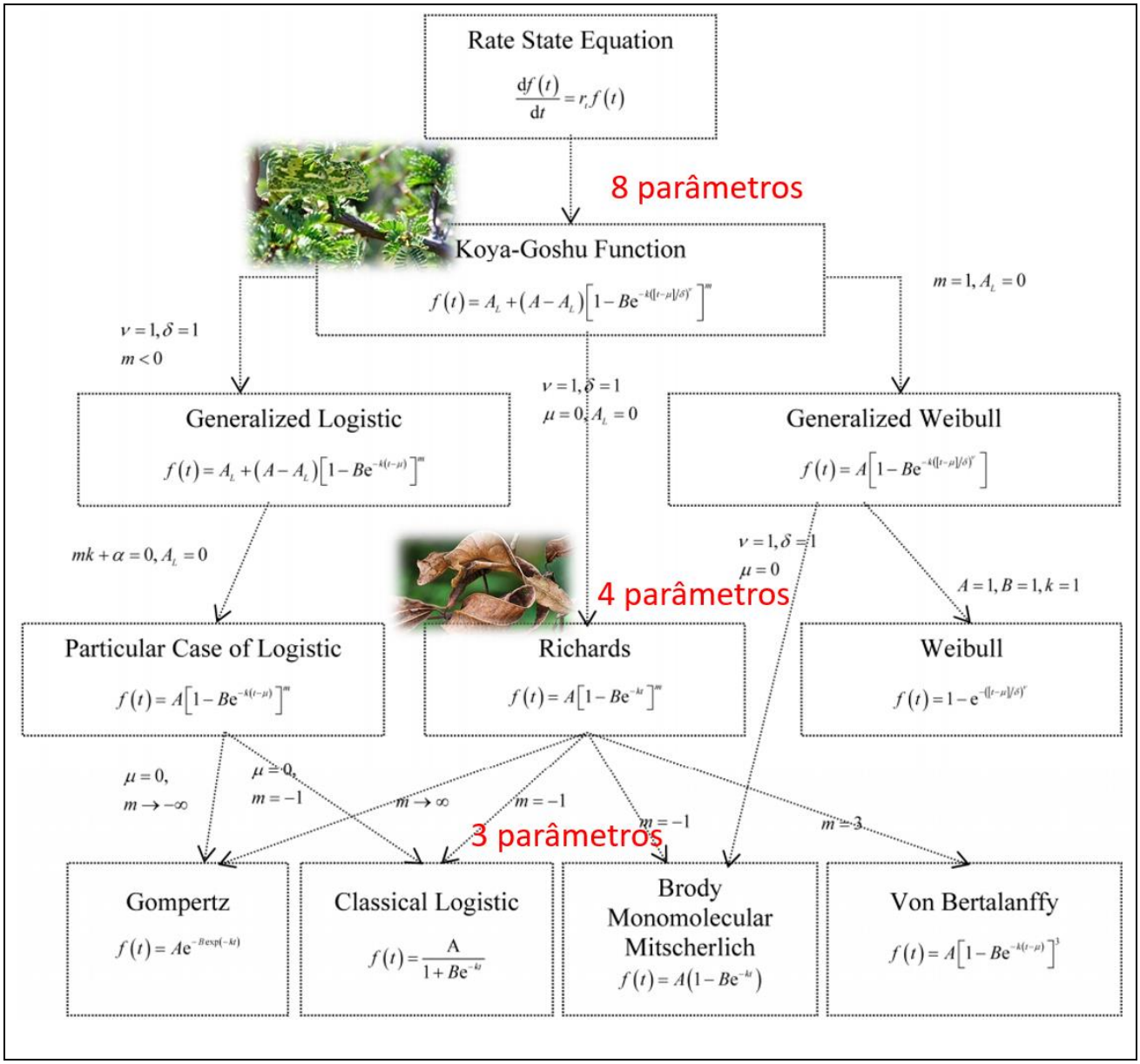


Figura 5- Representação dos relacionamentos entre as funções de crescimento. Adaptado de (Koya-Goshu, 2013) http://file.scirp.org/pdf/OJMSi_2013103111013260.pdf . https://mundo-animal.fandom.com/pt/wiki/Camale%C3%A3o, https://netnature.wordpress.com/2015/07/13/camaleoes-estereopsia-e-visao-monocular/

No entanto, a função de Richards nem sempre é defendida ou indicada. Visto que Zach (1987) enfatiza que há dificuldades muito severas para ajustar esse modelo matemático. Outra crítica diz respeito à interpretação de seus parâmetros.

Não há surpresa nas observações feitas por Zach (1987), definindo Richards como um modelo complexo. Outros autores também relatam frustrações em ajustar seus dados

com a função de Richards (Freitas et al., 1984; Fekedulegn et al, 1999). A justificativa para essa grande dificuldade, de acomodar os dados aos parâmetros, está nos recursos disponibilizados nessa época. Seria o mesmo, por analogia, comparar a praticidade de um GPS vs um mapa quatro rodas. Com toda certeza, exigia-se muito mais habilidade e destreza das mãos com o mapa! Assim, nosso reconhecimento aos pioneiros de ajustes de curvas que usavam o Fortran (Causton, 1969).

Assim sendo, atualmente, encontra-se muito mais facilitadores para obter sucesso em descobrir os valores desses parâmetros por iterações do suplemento solver do Excel (nosso GPS matemático), e por termos disponíveis modelos reparametrizados, os quais são mais adequados biologicamente (Seber & Wind, 2003).

Na prática, estaremos apresentando três ajustes distintos para aplicar o modelo de Richards, segundo a planilha PPM (Figura 6):

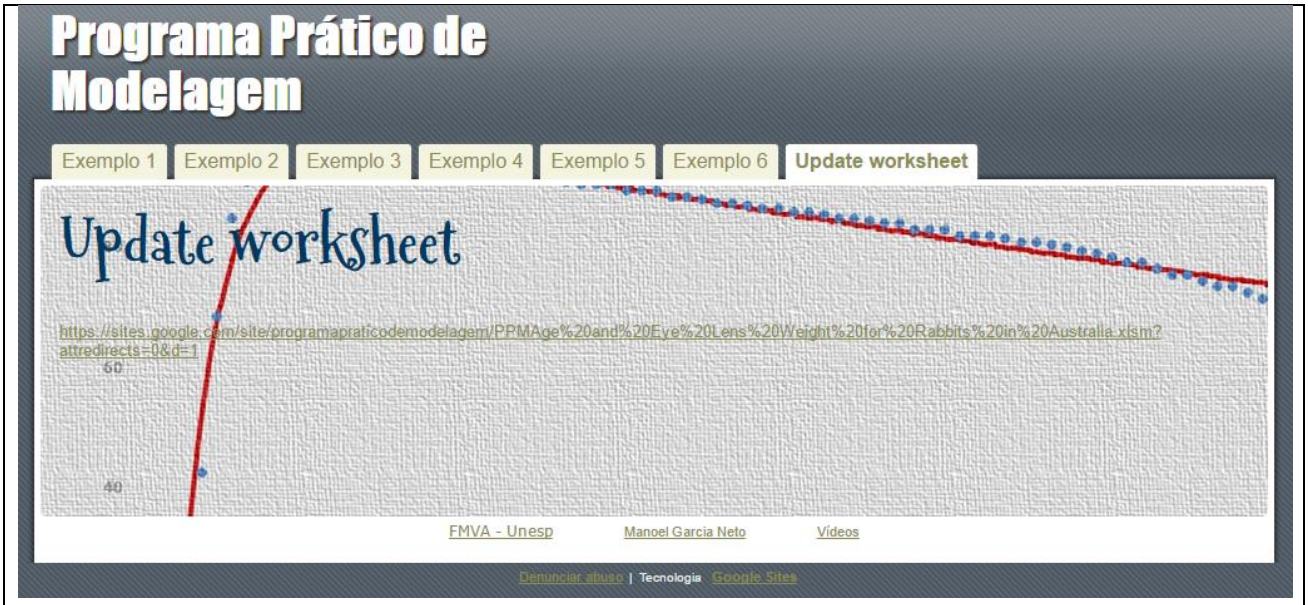


Figura 6-Planilha PPM https://sites.google.com/site/programapraticodemodelagem/update-worksheet

Exemplo 1

Peso da lente de olhos de coelhos europeus na Austrália (Figura 7), como indicativo da idade do animal. Os dados originais estão disponíveis em http://www.statsci.org/data/oz/rabbit.html.



The eye lens as an indicator of age in the wild rabbit in Australia

ML Dudzinski and R Mykytowycz

CSIRO Wildlife Research 6(2) 156 - 159
Published: 1961

Abstract

The weights of dried eye-lenses collected from 71 free-living Australian wild rabbits, Oryctolagus cuniculus (L.), of known age have been subjected to statistical treatment. It has been found that the weight of the eye-lens is a reliable indicator of a rabbit's age up to approximately 150 days. A suitable transformation has been suggested for analysis of the relation between weights of organs and age of growing animals.

http://dx.doi.org/10.1071/CWR9610156

StatSci.org / Home

OzDASL

Age and Eye Lens Weight for Rabbits in Australia

Keywords: nonlinear regression, log-normal distribution, gamma distribution, inverse-Gaussian distribution

Description

The European rabbit *Oryctolagus cuniculus* is a major pest in Australia. A reliable method of age determination for rabbits caught in the wild would be of importance in ecological studies. In this study, the dry weight of the eye lens was measured for 71 free-living wild rabbits of known age. Eye lens weight tends to vary much less with environmental conditions than does total body weight, and therefore may be a much better indicator of age

The rabbits were born and lived free in an experimental 1.7 acre enclosure at Gungahlin, ACT. The birth data and history of each individual were accurately known. Rabbits in the enclosure depended on the natural food supply. In this experiment, 18 of the eye lenses were collected from rabbits that died in the course of the study from various causes such as coccidiosis, bird predation or starvation. The remaining 53 rabbits were deliberately killed, immediately after being caught in the enclosure or after they had been kept for some time in cages. The lenses were preserved and their dry weight determined.

Variable	Description
Age	Age of rabbit in days
Lens	Dry weight of eye lens in milligrams

Download

Data file (tab-delimited text)

Source

Dudzinski, M. L., and Mykytowycz, R. (1961). The eye lens as an indicator of age in the wild rabbit in Australia. *CSIRO Wildlife Research*, **6**, 156-159.

Ratkowsky, D. A. (1983). *Nonlinear Regression Modelling*. Marcel Dekker, New York.

Wei, B.-C. (1998). *Exponential Family Nonlinear Models*. Springer, Singapore. Examples 2.4 and 6.8

Age	Lens
15	21.66
15	22.75
15	22.30
18	31.25
28	44.79
29	40.55
37	50.25
37	46.88
44	52.03
50	63.47
50	61.13
60	81.00
61	73.09
64	79.09
65	79.51
65	65.31
72	71.90
75	86.10
75	94.60
82	92.50
85	105.00
91	101.70
91	102.90
97	110.00
98	104.30
125	134.90
142	130.68
142	140.58
147	155.30
147	152.20
150	144.50
159	142.15
165	139.81
183	153.22
192	145.72
195	161.10
218	174.18
218	173.03
219	173.54
224	178.86
225	177.68
227	173.73
232	159.98
232	161.29
237	187.07
246	176.13
258	183.40
276	186.26
285	189.66
300	186.09
301	186.70
305	186.80
312	195.10
317	216.41
338	203.23
347	188.38
354	189.70
357	195.31
375	202.63
394	224.82
513	203.30
535	209.70
554	233.90
591	234.70
648	244.30
660	231.00
705	242.40
723	230.77
756	242.57
768	232.12
860	246.70

Figura 7- Dados originais de do peso da lente de olhos de coelhos europeus na Austrália. http://www.statsci.org/data/oz/rabbit.html http://www.statsci.org/data/oz/rabbit.txt

Entre os passos básicos para o início dos ajustes há necessidade de se escolher bons valores iniciais, pois se esses forem incoerentes podem inviabilizar a convergência do ajuste, ou até, tomar mais tempo para obter o sucesso do cálculo (processo iterativo). Entretanto, graças à visualização gráfica dos dados na planilha PPM (output y) é possível estimar, com certa facilidade, os valores mais coerentes para dar início aos ajustes (Figura 8).

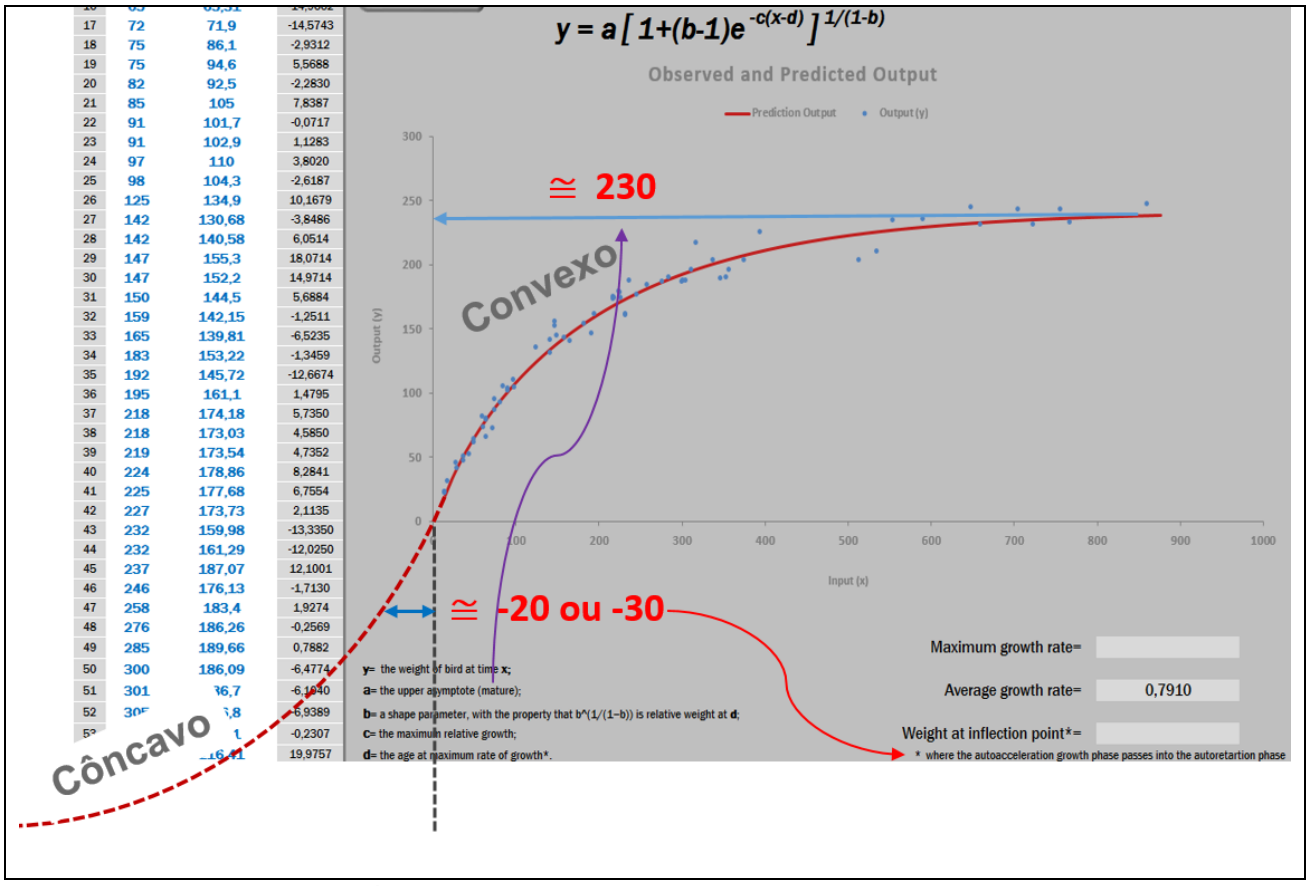


Figura 8- Visualização gráfica oferecida pela planilha PPM.

a≈230

d≈-20 ou -30, observando-se que o formato convexo é visível, mas o côncavo, mesmo estando "escondido", permite presumir que deverá ser um valor negativo.

Desse modo, com um entendimento apropriado da curva de Richards e dos seus parâmetros, os valores podem ser, com simplicidade, bem estimados. O parâmetro **a** define o máximo valor ou o valor (peso) que o animal atinge à maturidade. O **d** representa a idade no ponto de inflexão, ou seja, o momento que a curva passa de côncava para convexa.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

Agora, após definirmos bons valores para **a** e **d**, deve-se utilizar as barras de rolagem disponibilizadas na planilha PPM, sendo possível observar quando os valores **b** e **c** tornam-se coerentes matematicamente na equação. Por fim, aciona-se o suplemento solver do Excel, para o ajuste fino e definitivo (Fit Richards Model to Current Data) (Figura 9).

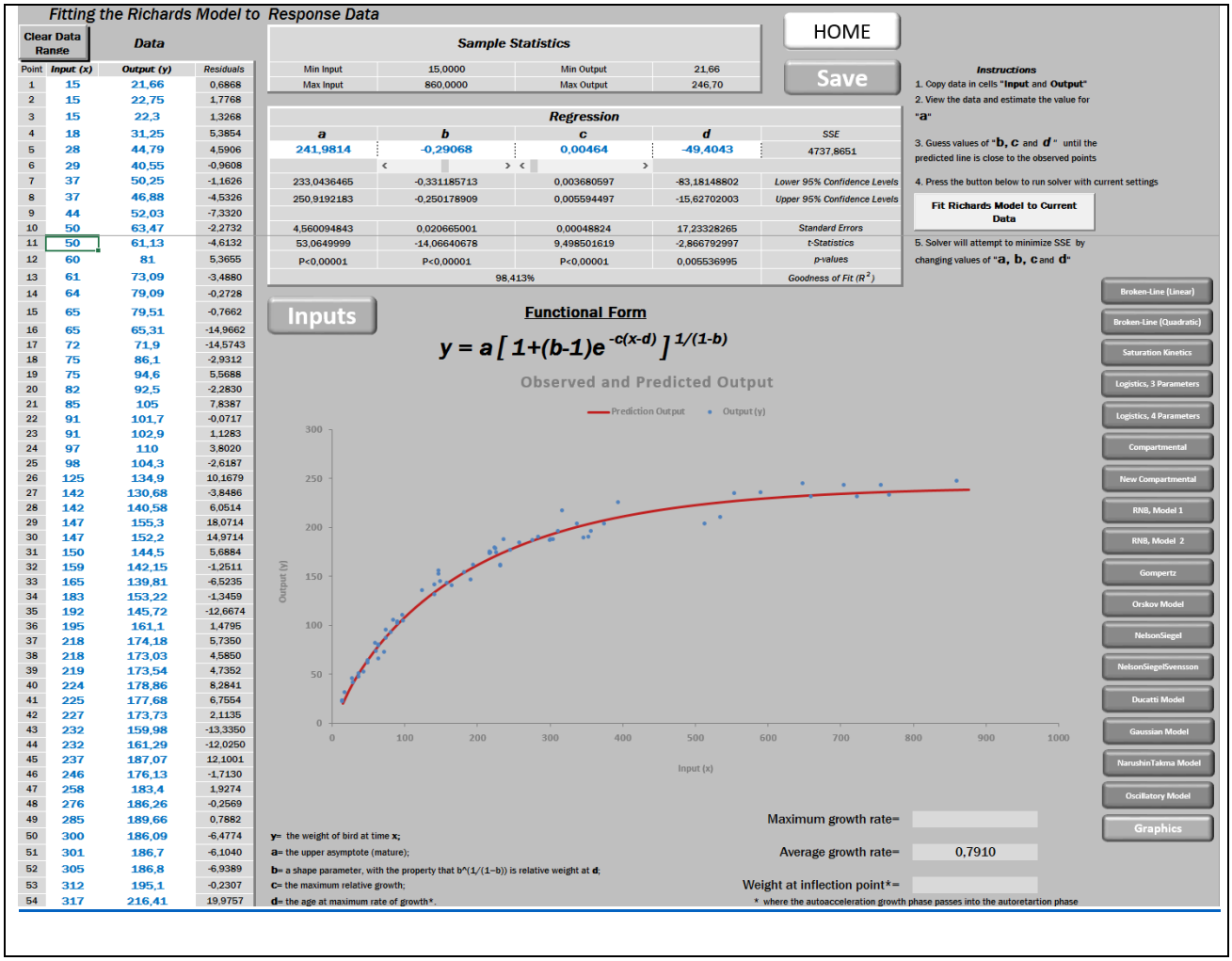
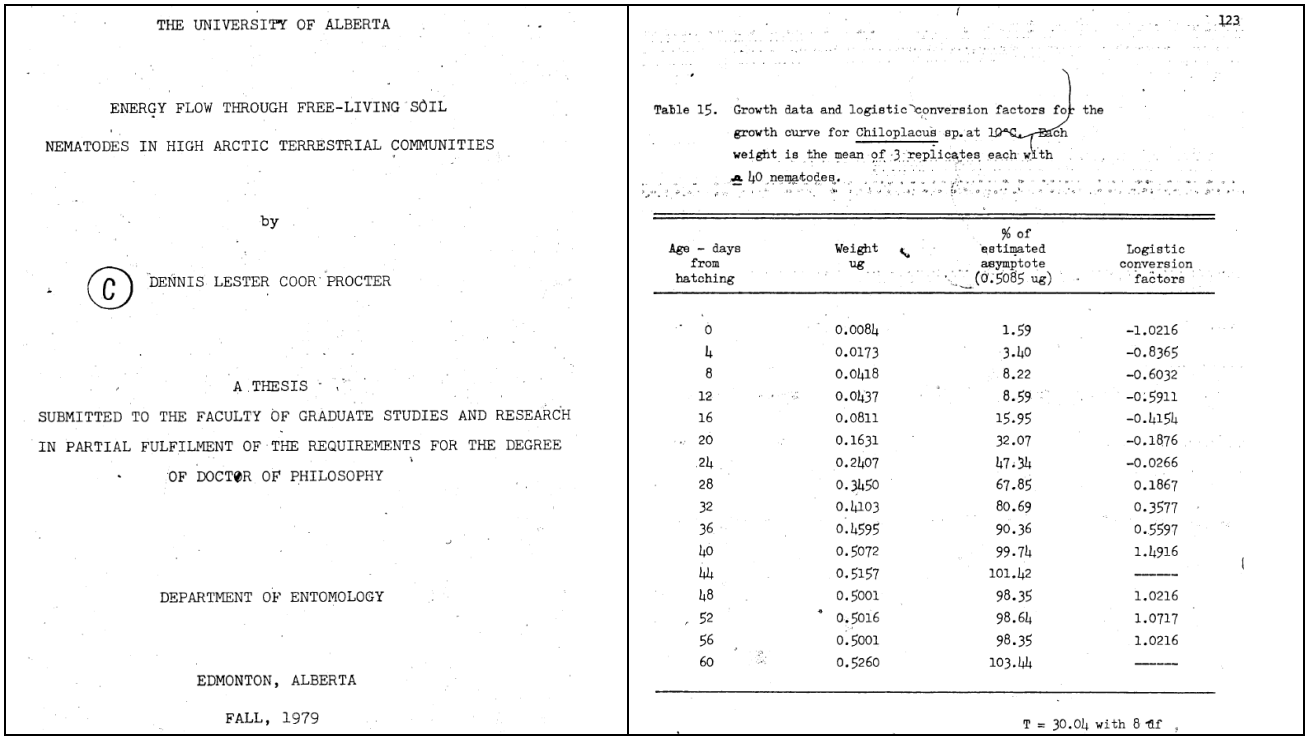


Figura 9 – Utilização do suplemento solver do Excel para ajuste dos parâmetros do modelo

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

Exemplo 2

Um segundo exemplo para ajustar o Modelo de Richards pelo PPM adota os dados de peso de nematoides (Procter, 1979), disponibilizados em https://era.library.ualberta.ca/files/wh246v503/NK43525.pdf (Figura 10).



THE UNIVERSITY OF ALBERTA

ENERGY FLOW THROUGH FREE-LIVING SOIL NEMATODES IN HIGH ARCTIC TERRESTRIAL COMMUNITIES

by

© DENNIS LESTER COOR PROCTER

A THESIS SUBMITTED TO THE FACULTY OF GRADUATE STUDIES AND RESEARCH IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY

DEPARTMENT OF ENTOMOLOGY

EDMONTON, ALBERTA

FALL, 1979

123

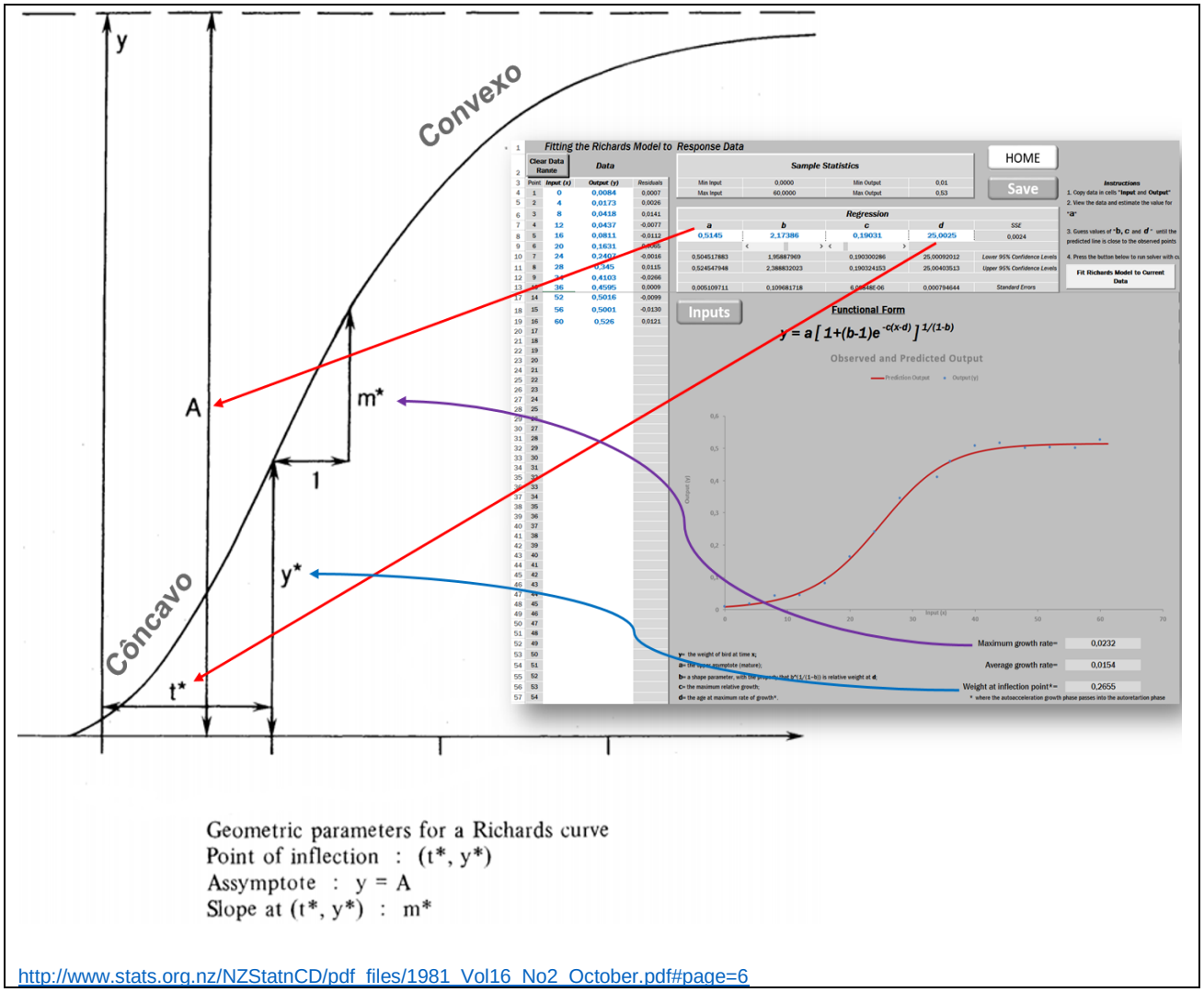
Table 15. Growth data and logistic conversion factors for the growth curve for Chiloplacus sp. at 19°C. Each weight is the mean of 3 replicates each with ± 40 nematodes.

Age - days from hatching	Weight ug	% of estimated asymptote (0.5085 ug)	Logistic conversion factors
0	0.0084	1.59	-1.0216
4	0.0173	3.40	-0.8365
8	0.0418	8.22	-0.6032
12	0.0437	8.59	-0.5911
16	0.0811	15.95	-0.4154
20	0.1631	32.07	-0.1876
24	0.2407	47.34	-0.0266
28	0.3450	67.85	0.1867
32	0.4103	80.69	0.3577
36	0.4595	90.36	0.5597
40	0.5072	99.74	1.4916
44	0.5157	101.42	------
48	0.5001	98.35	1.0216
52	0.5016	98.64	1.0717
56	0.5001	98.35	1.0216
60	0.5260	103.44	------

T = 30.04 with 8 df

Figura 10- Dados de peso de nematoides da eclosão à maturidade In: https://era.library.ualberta.ca/files/wh246v503/NK43525.pdf

Ressaltamos que no primeiro exemplo (lentes de olhos de coelho) não há assíntota mínima visível. No presente exemplo (nematoides), observam-se visíveis as assíntotas de máximo (peso à maturidade) e de mínimo (peso ao nascer). Da mesma forma, e com mais facilidade visual dos dados, inicia-se as tentativas de ajustes pelos valores de **a** e **d**, os quais são deduzidos apenas observando os valores na representação gráfica (Figura 11).



http://www.stats.org.nz/NZStatnCD/pdf_files/1981_Vol16_No2_October.pdf#page=6

Figura 11- Visualização gráfica e suas interpretações, segundo o modelo de Richards.

De certo, com muita coerência, o valor de "**a**" deveria ser algo em torno de 0,52 ou 0,53; e o valor de **d**, provavelmente, um valor próximo de 30. Contudo, os valores para **b** e **c** exigem mais paciência, e caso não se deseje digitar os valores, como facilitador, recomenda-se usar a barra de rolagem ( ), enquanto observa-se a acomodação ou não da curva (Prediction output) aos dados reais (outyput y).

Inclusive, é importante observar os valores que aparecem (Confidence level, Standard Errors, t-statistics, p-values e R^2). Porquanto, caso os valores forem muito distantes ou incoerentes, aparecerá "N/A" ou "≠Núm!". Nessa específica situação, basta "caminhar" no sentido contrário na barra de rolagem, com o propósito de obter ajustes coerentes matematicamente. Em seguida, aciona-se o suplemento solver "Fit Richards Model to Current Data", para otimização dos valores de todos os parâmetros (**a**, **b**, **c** e **d**), processo este que tomará alguns segundos (Figuras 12).

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

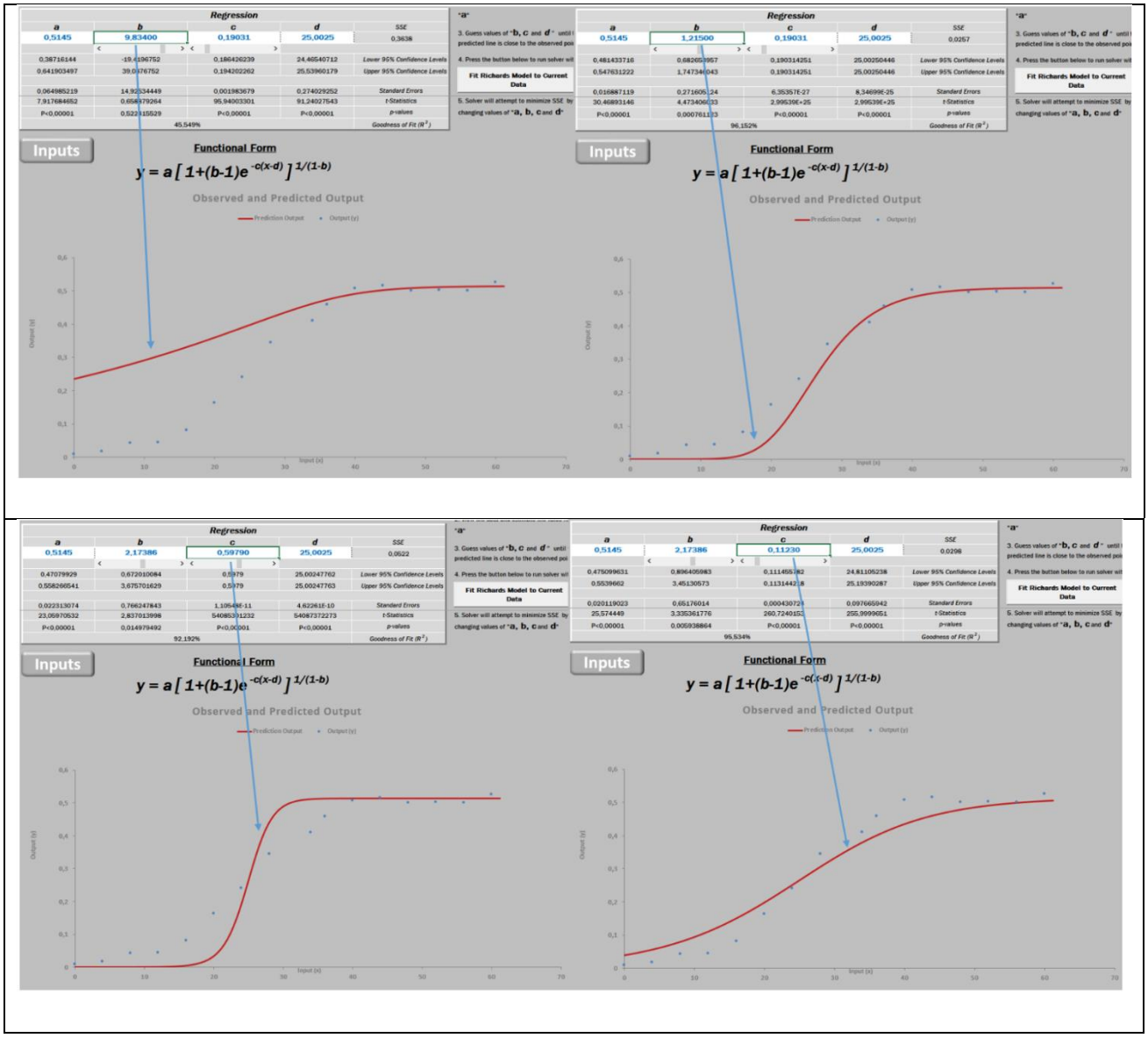


Figura 12- Ajustes necessários para obter os valores dos parâmetros do modelo de Richards pela planilha PPM.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

Exemplo 3

Como último exemplo escolhemos dois casos em que não há assíntota de máximo visível (peso à maturidade), que é muito comum para frangos de corte, devido à idade, ao abate ser precoce em relação ao peso adulto (Figura 13).

a. **Primeiro caso** (machos): o valor de "**a**" deveria ser algo acima entre 3200 e 3500, mas é claro, não exageradamente acima deste valor. Possivelmente, o valor de "**d**", após observar os dados no gráfico (recordando que procuramos o momento em que a curva passa de côncava para convexa / ponto de inflexão), com tranquilidade pode-se "chutar" algo em torno de 50 ou 60.

TABELA 2. Médias, erros-padrão e coeficientes de variação de pesos (g) de frangos e frangas, do nascimento aos 68 dias.

Idade (dias)	♂(47)* $\bar{Y} \pm S(\bar{Y})$	CV %	♀(50) $\bar{Y} \pm S(\bar{Y})$	CV %
0**	44,4 ± 0,7	10,2	40,8 ± 0,6	9,9
4	74,6 ± 1,9	15,6	70,6 ± 1,2	11,4
8	127,1 ± 3,3	16,4	118,9 ± 2,3	13,1
12	196,2 ± 5,5	17,5	181,7 ± 3,6	13,8
16	313,6 ± 7,6	15,2	285,0 ± 5,8	13,8
20	441,6 ± 10,8	15,2	399,0 ± 8,2	14,1
24	547,0 ± 12,7	14,5	492,0 ± 9,0	12,6
28	730,5 ± 17,1	14,6	647,7 ± 13,0	13,8
32	959,7 ± 23,7	15,2	823,2 ± 14,7	12,2
36	1206,0 ± 26,3	12,5	1026,2 ± 17,5	11,3
40	1445,0 ± 28,9	11,5	1202,3 ± 19,5	10,9
44	1723,5 ± 32,4	11,1	1398,3 ± 18,1	8,7
48	1964,0 ± 35,4	10,6	1578,7 ± 21,2	9,0
52	2143,5 ± 39,2	10,8	1693,8 ± 20,9	8,3
56	2412,8 ± 44,7	11,3	1866,3 ± 22,6	8,1
60	2637,3 ± 48,9	11,1	2027,0 ± 23,5	7,9
64	2874,2 ± 47,9	10,0	2177,8 ± 24,1	7,4
68	3143,8 ± 44,2	8,4	2331,3 ± 26,9	7,7

* Número de aves.

** Idade ao nascimento.

Pesq. agropec. bras., Brasília, 19(9):1057-1064, set. 1984.

Figura 13- Pesos de frangos de corte machos e fêmeas do nascimento aos 68 dias de idade In: https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/16029/10189

Agora é o momento de ajustarmos os parâmetros “**b** e **c**”, acionando a barra de rolagem ( ). Finalmente, utiliza-se o ajuste fino do solver ( ), objetivando obter os valores definitivos dos parâmetros do modelo de Richards (Figura 14).

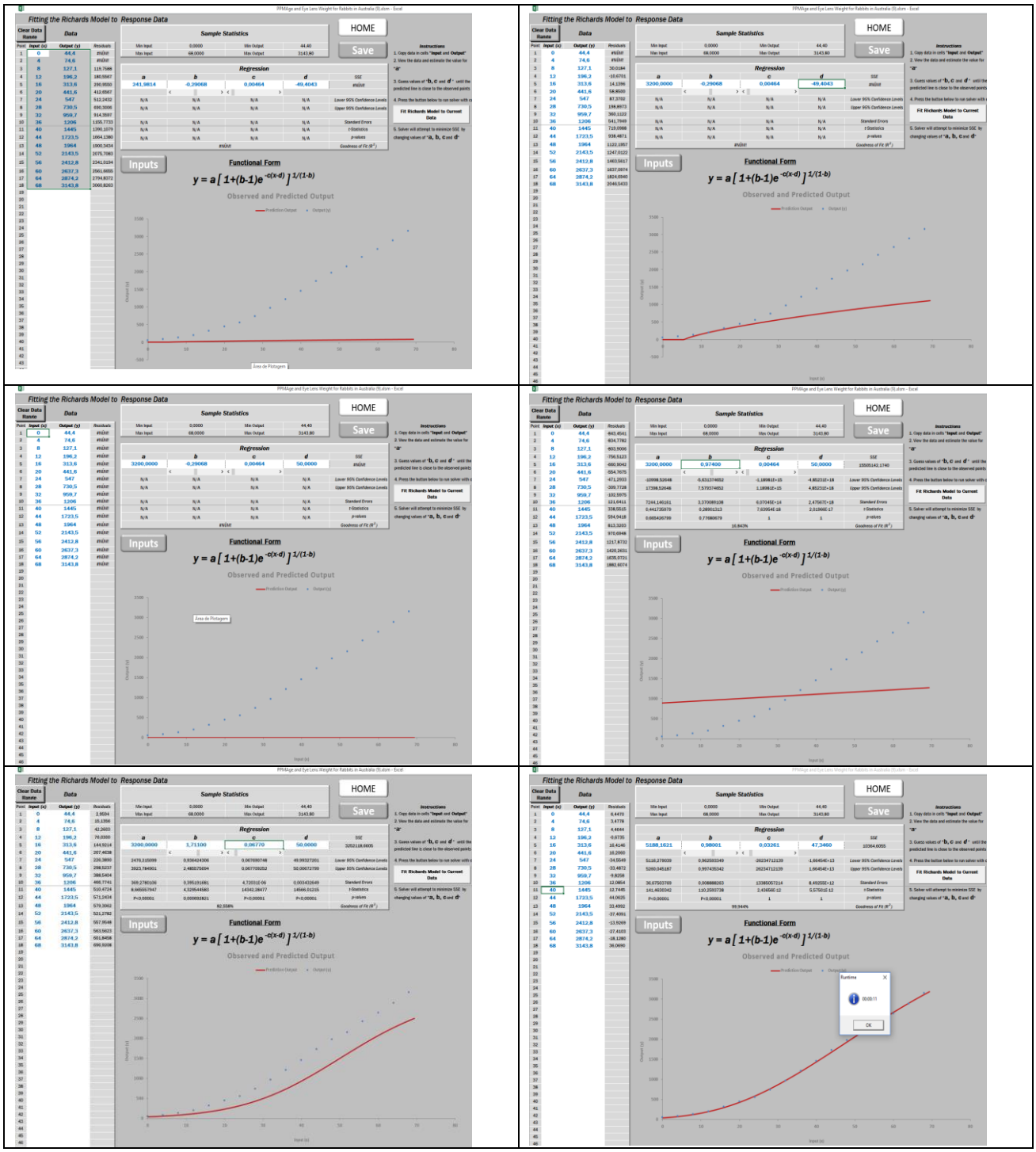


Figura 14- Ajustes necessários para obter os valores dos parâmetros do modelo de Richards pela planilha PPM, segundo peso corporal de frangos de corte machos.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

O ajuste para fêmeas, após introduzir seus respectivos valores de peso corporal, é mais simples, pois a curva necessita apenas ser ajustada para baixo (Figura 15).

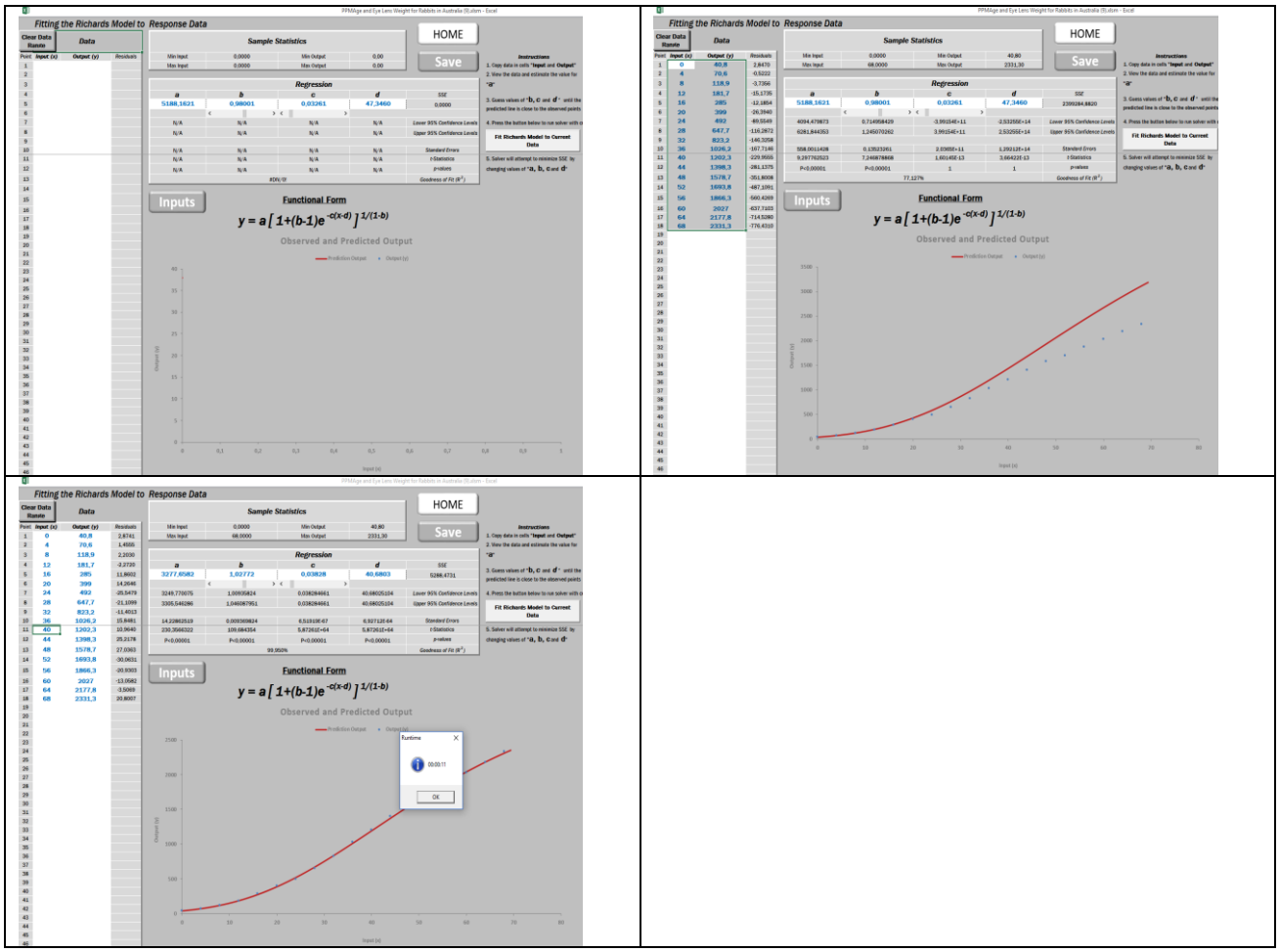
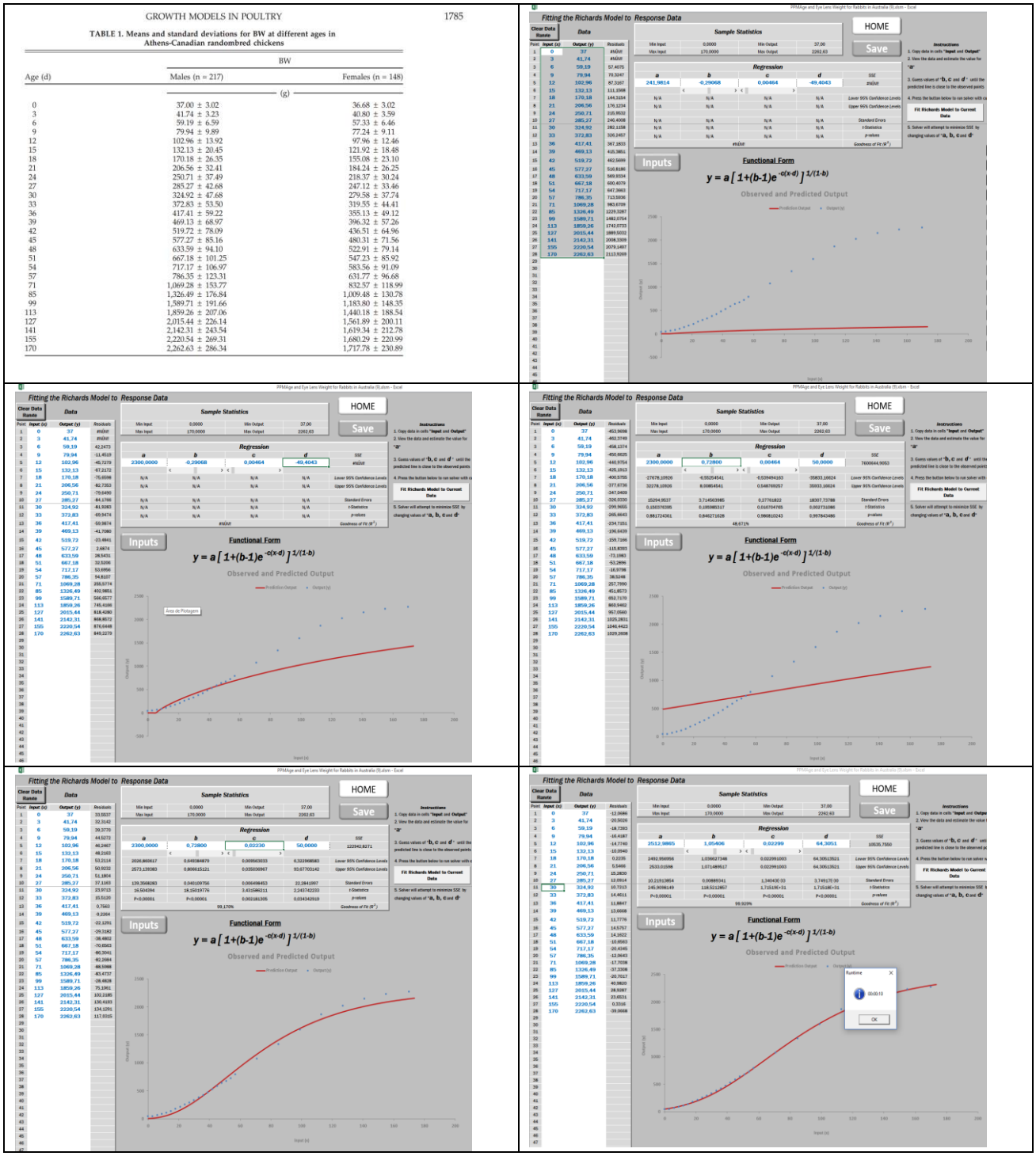


Figura 15- Ajustes necessários para obter os valores dos parâmetros do modelo de Richards pela planilha PPM, segundo peso corporal de frangos de corte fêmeas.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

b. **Segundo caso** (machos/ http://ps.oxfordjournals.org/content/81/12/1782.full.pdf): o valor de "**a**" deveria ser algo em torno de 2300 e 2500, mas não exageradamente acima. Possivelmente, o valor de "**d**", após observar os dados no gráfico, algo em torno de 50 ou 60 (Figura 16).



GROWTH MODELS IN POULTRY 1785

TABLE 1. Means and standard deviations for BW at different ages in Athens-Canadian randombred chickens

Age (d)	BW (g) Males (n = 217)	BW (g) Females (n = 148)
0	37.00 ± 3.02	36.68 ± 3.02
3	41.74 ± 3.23	40.80 ± 3.59
6	59.19 ± 6.59	57.33 ± 6.46
9	79.94 ± 9.89	77.24 ± 9.11
12	102.96 ± 13.92	97.96 ± 12.46
15	132.13 ± 20.45	121.92 ± 18.48
18	170.18 ± 26.35	155.08 ± 23.10
21	206.56 ± 32.41	184.24 ± 26.25
24	250.71 ± 37.49	218.37 ± 30.24
27	285.27 ± 42.68	247.12 ± 33.46
30	324.92 ± 47.68	279.58 ± 37.74
33	372.83 ± 53.50	319.55 ± 44.41
36	417.41 ± 59.22	355.13 ± 49.12
39	469.13 ± 68.97	396.32 ± 57.26
42	519.72 ± 78.09	436.51 ± 64.96
45	577.27 ± 85.16	480.31 ± 71.56
48	633.59 ± 94.10	522.91 ± 79.14
51	667.18 ± 101.25	547.23 ± 85.92
54	717.17 ± 106.97	583.56 ± 91.09
57	786.35 ± 123.31	631.77 ± 96.68
71	1,069.28 ± 153.77	832.57 ± 118.99
85	1,326.49 ± 176.84	1,009.48 ± 130.78
99	1,589.71 ± 191.66	1,183.80 ± 148.35
113	1,859.26 ± 207.06	1,440.18 ± 188.54
127	2,015.44 ± 226.14	1,561.89 ± 200.11
141	2,142.31 ± 243.54	1,619.34 ± 212.78
155	2,220.54 ± 269.31	1,680.29 ± 220.99
170	2,262.63 ± 286.34	1,717.78 ± 230.89

Figura 16- Ajustes necessários para obter os valores dos parâmetros do modelo de Richards pela planilha PPM, segundo peso corporal de frangos de corte machos.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

Planilha para otimização PPO

A planilha PPO não foi um insight, mas um desafio de juntar vários elementos já disponibilizados (tínhamos o programa desmontado, mas sem conhecimento). O primeiro deles foi encontrar o mínimo e o máximo global em distintas curvas (Figura 17). Inclusive, a solução estava em acionar sequencialmente o princípio Evolutionary e depois o GRG de início múltiplo do suplemento Solver, utilizando a ferramenta VBA do Excel (Figura 18).



Figura 17 – Definir o mínimo ou máximo global, por diferentes critérios, pelo suplemento solver do Excel (Simplex, GRG e Evolutionary).
https://sites.google.com/site/ppfrparaexcel2007ousuperior/papers/Using%20Solver%20to%20find%20Global%20and%20Local%20Solutions%20Teste3.xlsm?attredirects=0&d=1 https://veja.abril.com.br/wp-content/uploads/2016/05/ver-no-escuro-20131031-original1.jpeg?quality=70&strip=info&resize=680,453



http://clipart-library.com/clipart/1403447.htm

Figura 18- Acionamento sequencial utilizada pela ferramenta VBA do Excel.

Diante disso, obtemos um recurso que permitiu evitar o temido mínimo e máximo local, sendo capaz de localizar o mínimo/máximo global.

Simultaneamente, trabalhávamos no aperfeiçoamento da planilha PPM, quando nos deparamos com uma nova opção de curva com apelo econômico (Narushim-Takma, 2003), reconhecida e apresentada como um modelo muito flexível e sem complexidade matemática para descrever modelos econômicos (Faridi et al, 2011) (Figura 19).



Figura 19- Nova alternativa de curva para descrever modelos econômicos

Sem saber, já tínhamos peças em mãos de um quebra cabeça (bolinha para mínimo ou máximo global e modelos NT). A terceira e última peça apontou com uma questão feita pelo geneticista e palestrante Rodrigo Terra Celidonio (Empresa Cobb), em um evento da DSM, no qual fomos apresentados.

Nessa ocasião surgiu o desafio: Seria possível associar, em uma única planilha, toda a vida da ave, objetivando sua otimização produtiva? Após 35 tentativas e aprimoramentos, um processo moroso que levou mais de um ano de gestação, nasce a denominada planilha PPO, na qual as curvas de peso corporal, consumo de ração, e de mortalidade são automaticamente ajustadas (sem necessidades de definir valores inicias para os parâmetros), e ainda, concomitante com a curva dos benefícios econômicos, visando todo esse conjunto de curvas aflorar o máximo lucro, ao otimizar a idade ideal de abate (PPO broiler chickens) (Figuras 20, 21, 22 , 23 e 24).

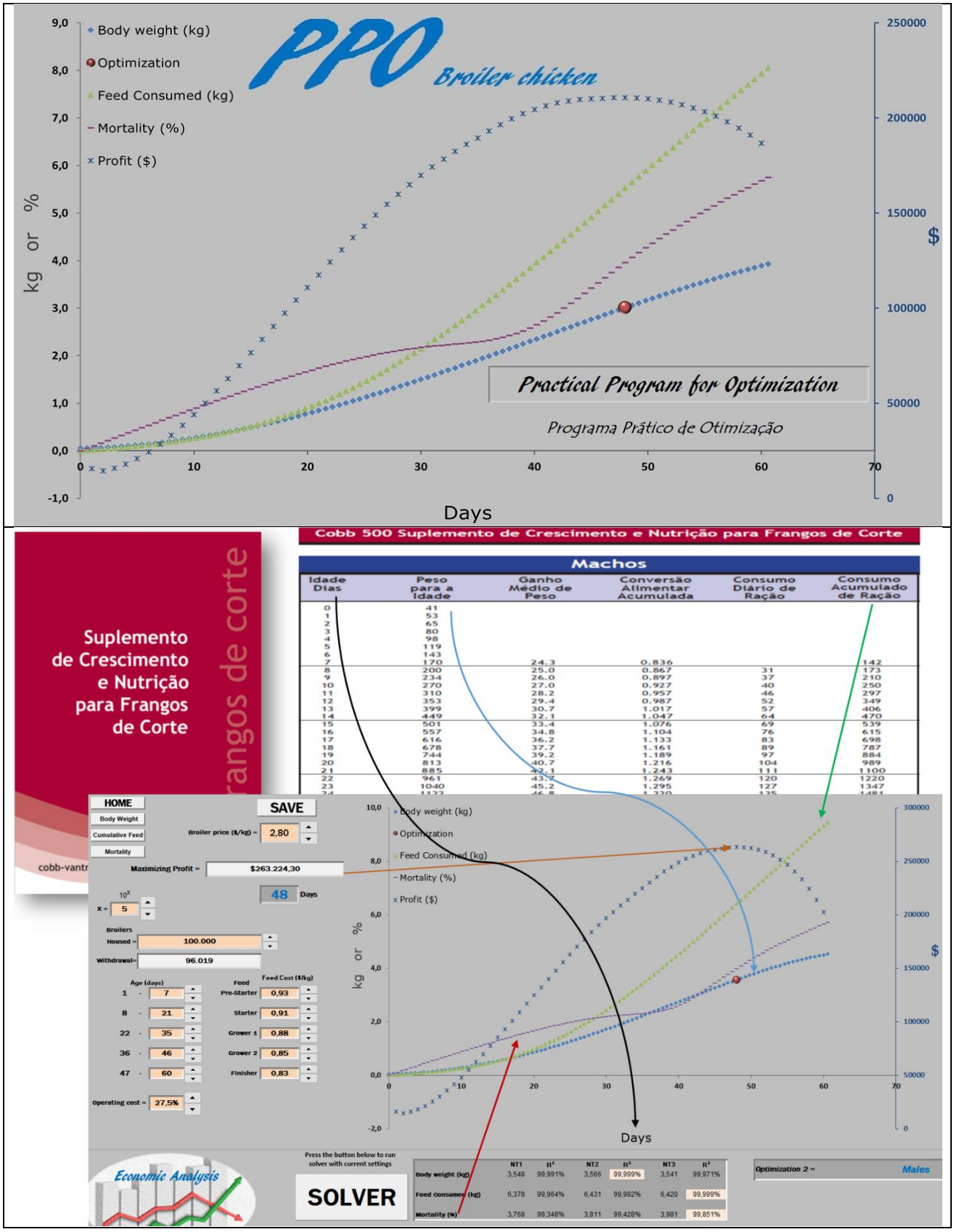


Figura 20- Planilha PPO para frangos de corte In: https://sites.google.com/site/ppoprogramforoptimization/

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

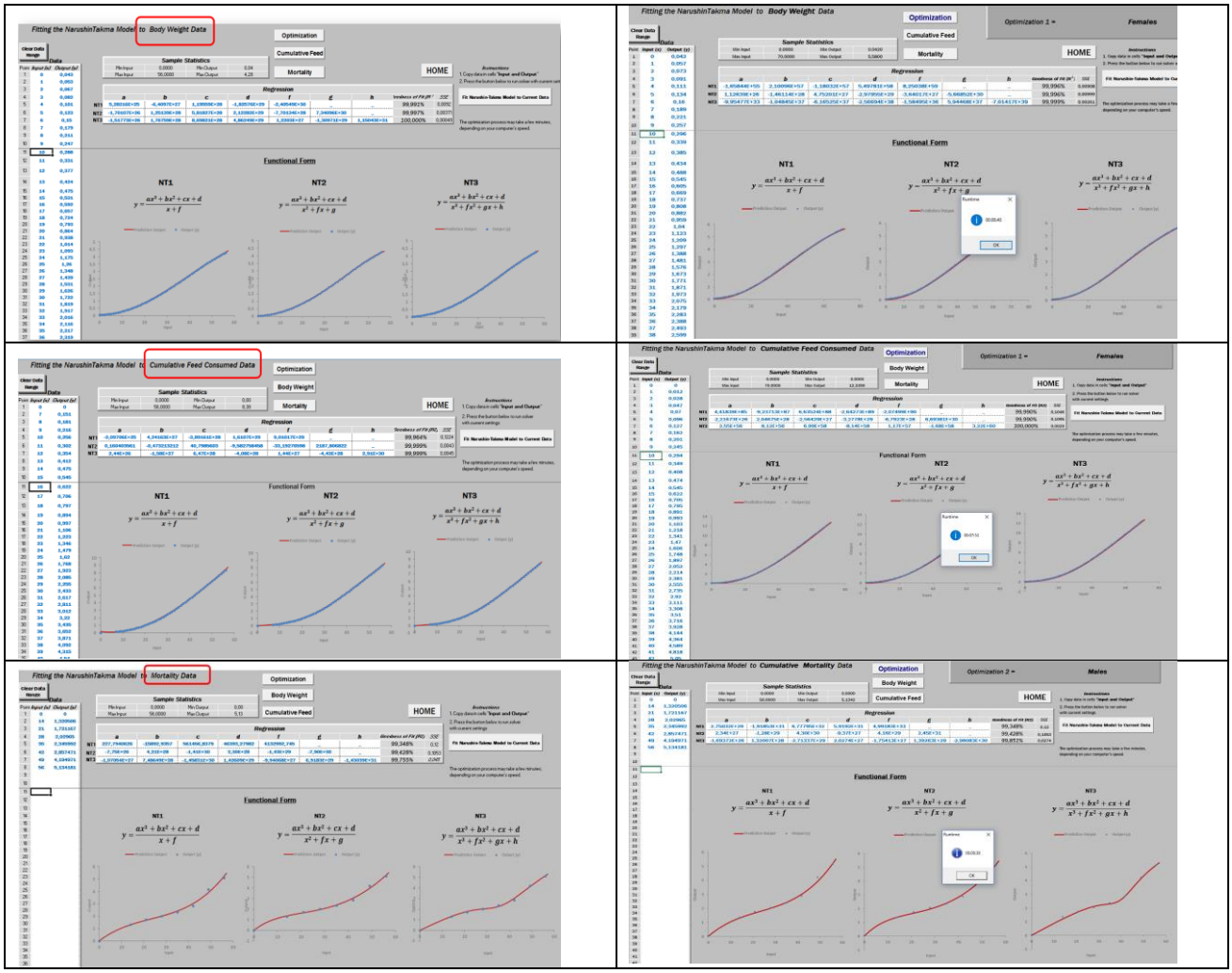


Figura 21- Ajustes das curvas de peso corporal, consumo e mortalidade pela planilha PPO para frangos de corte.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/



Figura 22- Ajustes da análise econômica pela planilha PPO para frangos de corte.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

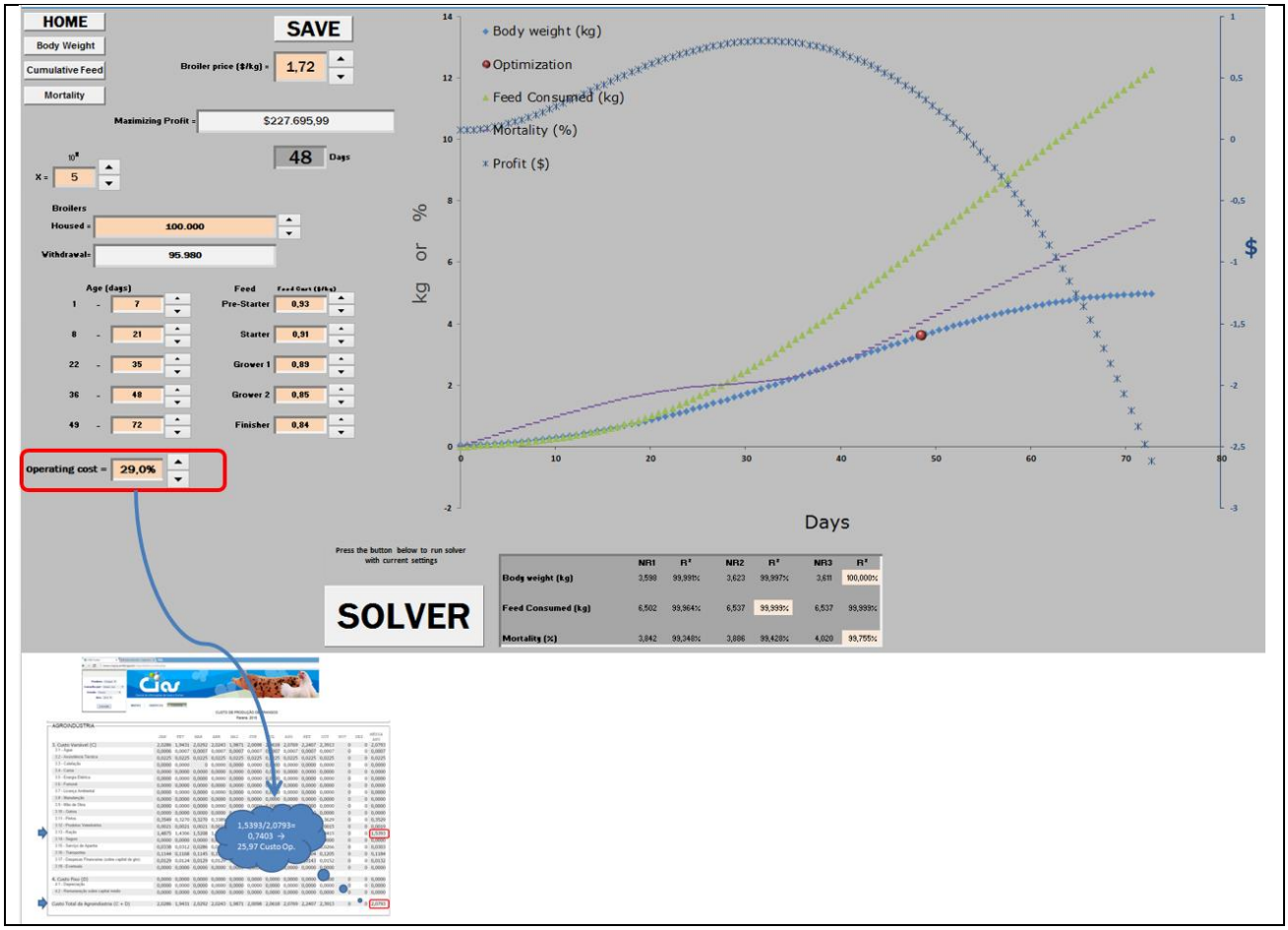


Figura 23- Avaliação do custo operacional, conforme dados disponibilizados pela Embrapa In: http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/dados/custos.php# .

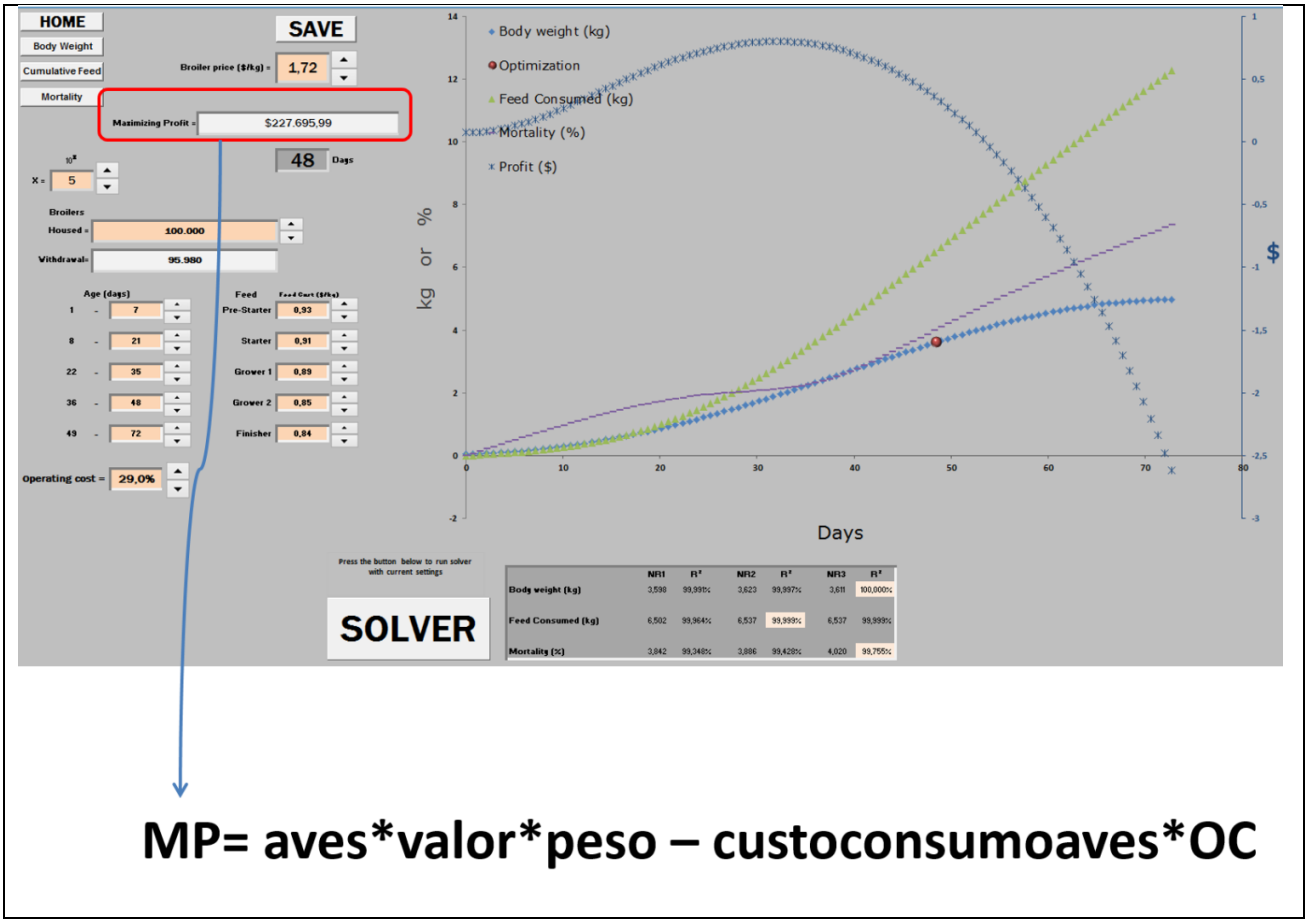


Figura 24- Fórmula utilizada para cálculo da otimização pelo PPO frangos de corte

Aqui cabe uma ressalva, outro profissional entra em cena: Roberto Carlos de Freitas (Empresa Marfrei), que além de sugestões de aprimoramento ao programa, nos forneceu dados reais de mortalidade envolvendo **10.530.297** frangos de corte, permitindo um ajuste muito confiável para representar um ajuste de mortalidade à nível de campo pela planilha PPO.

Inclusive, pela figura 25, pode-se observar, nitidamente, o que seria uma relevante complexidade de ajuste para dados de mortalidade, na qual foram necessárias três equações distintas para obter êxito para o ajuste (Laszlo et al, 2014). Entretanto, com a função de Narushim-Takma foi suficiente apenas uma equação.

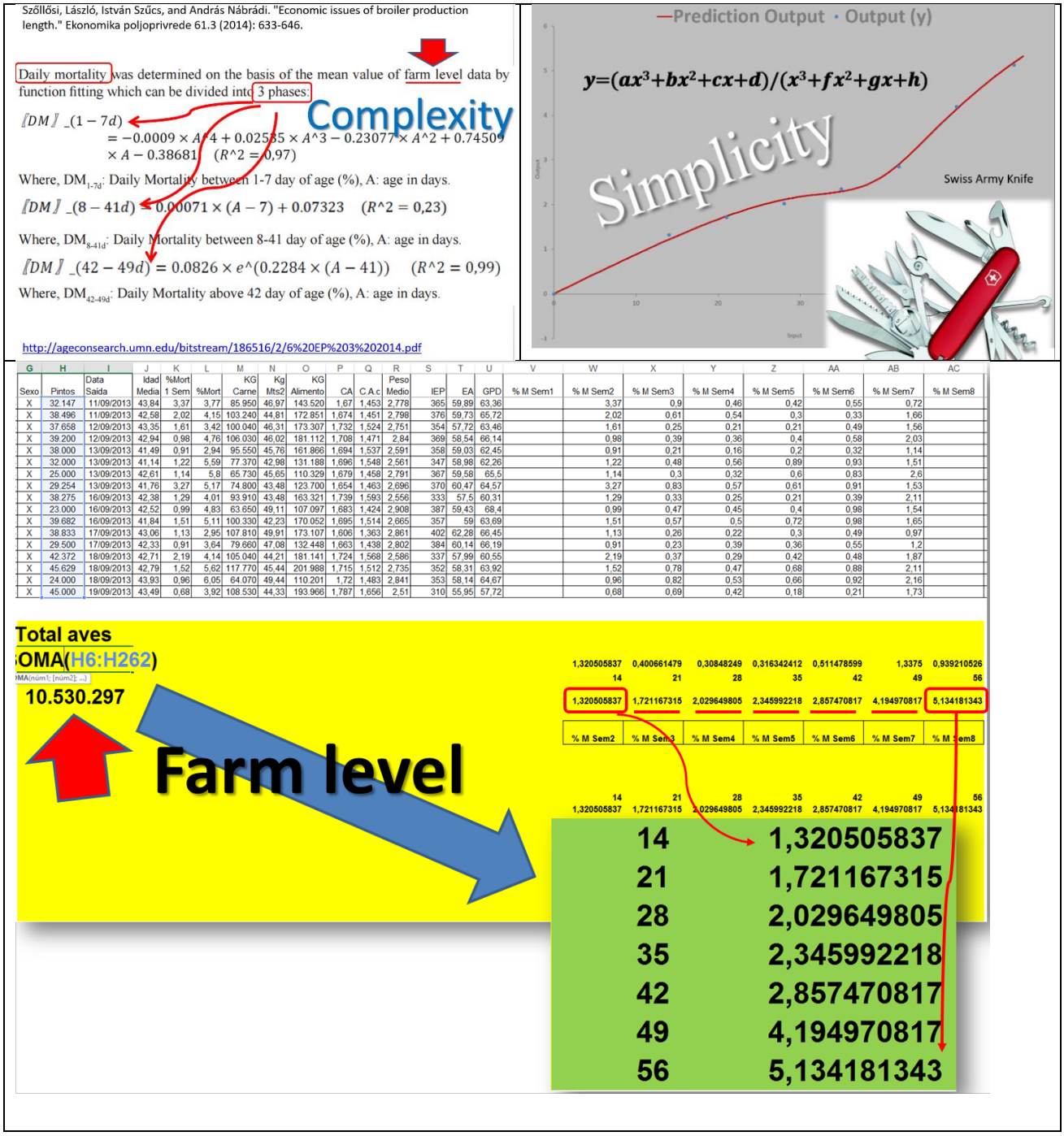


Figura 25 -Ajustes da mortalidade a campo em três fases (complexidade) versus mortalidade a campo pela planilha PPO (simplicidade), para frangos de corte.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

PPO poedeiras

O PPO “laying hens” foi mais amistoso (fruto dos conhecimentos práticos adquiridos do PPO frangos), exigindo oito versões para definir sua proposta final, sendo oferecido em duas versões (cumulative egg mass e cumulative hen-day eggs) (Figura 26).

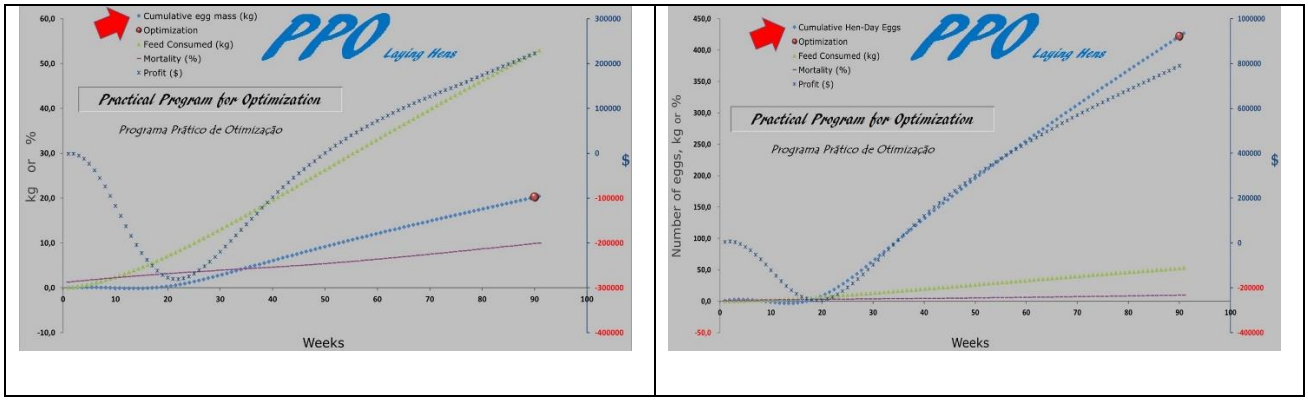


Figura 26- Planilha PPO para poedeiras comercias In: https://sites.google.com/site/ppoprogramforoptimization/

Ambas as propostas (PPO frangos e PPO poedeiras) deveriam iniciar suas avaliações desde o primeiro dia de idade (Figura 27).

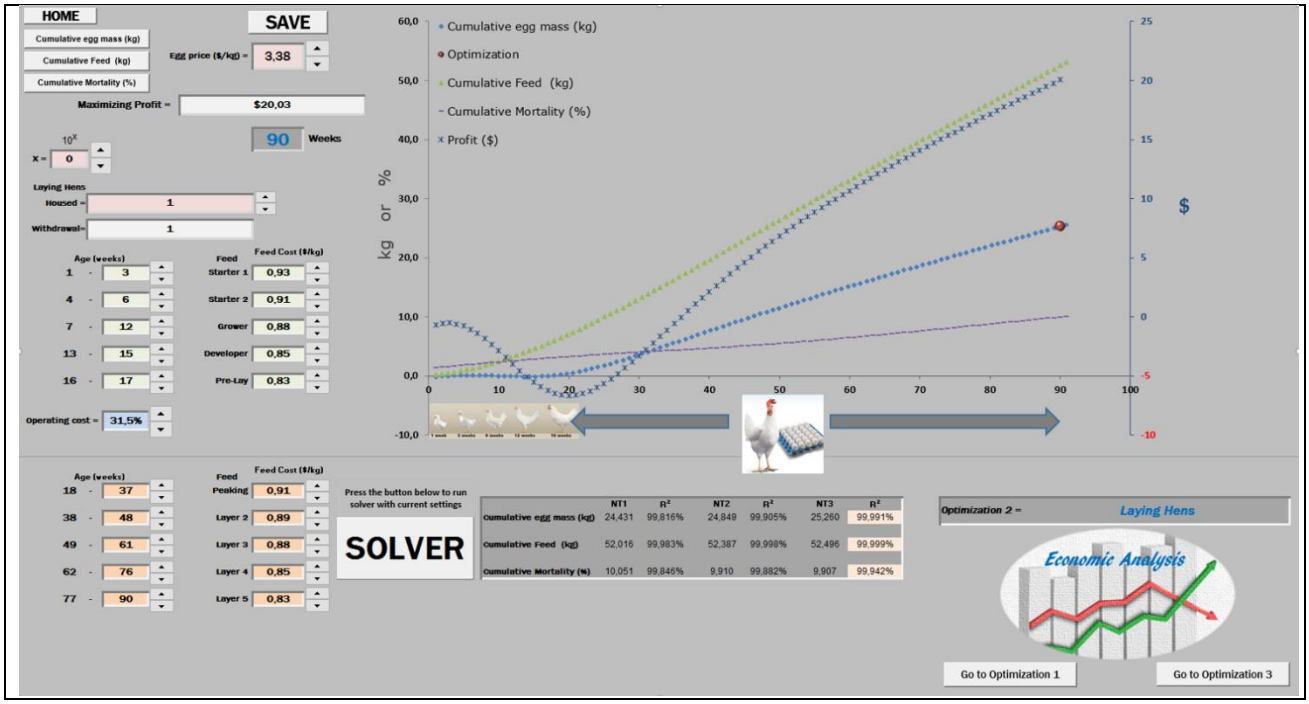


Figura 27 –Curvas de produção de ovos (kg), consumo acumulado de ração (kg), mortalidade acumulada (%) e otimização do retorno (R$) do ciclo completo de criação (1-90 semanas de idade), conforme dados adaptados e utilizados para simulação. In: <http://www.hyline.com/UserDocs/Pages/36_COM_ENG.pdf>.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

Assim sendo, não sabíamos se teríamos uma curva tão flexível para suportar a produção zero de ovos por 17 semanas e depois acompanhar a produção subsequente de ovos até 90 semanas (Figura 28).

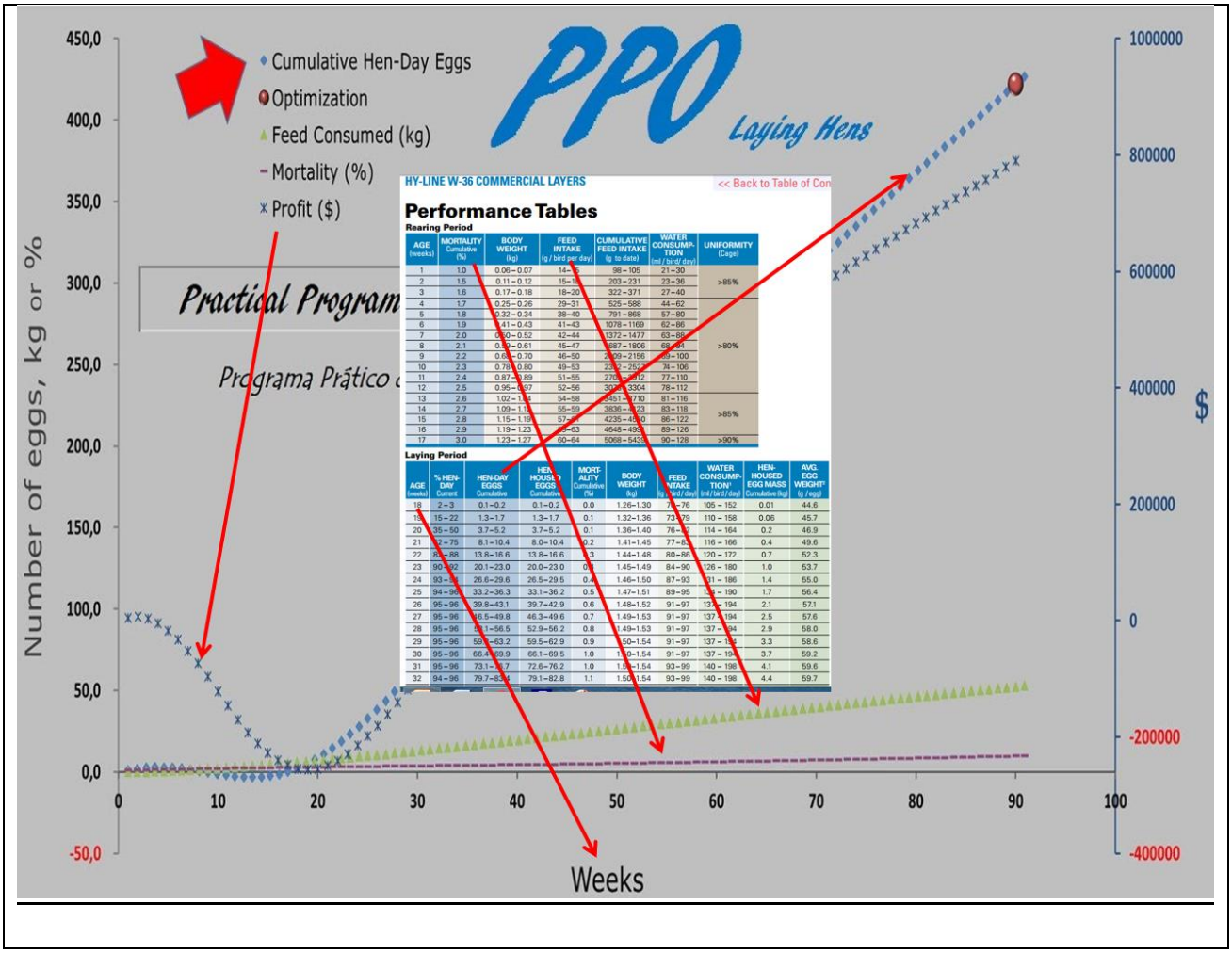


Figura 28 – Planilha PPO poedeiras e seus atributos, conforme dados adaptados e utilizados para simulação. In: <http://www.hyline.com/UserDocs/Pages/36_COM_ENG.pdf>.
.

Para isso, tínhamos um candidato de ajuste já conhecido, mas não desafiado, o modelo de Narushin-Takma, que se desdobra em três modelos (NT1, NT2 e NT3). Mas qual escolher? Deixamos a decisão para aquele que apresenta o melhor ajuste entre as três funções (NT1, NT2 e NT3).

Assim, após cada rodada, a curva com o R^2 mais expressivo é automaticamente selecionada para cada avaliação (cumulative egg, cumulative feed e cumulative mortality). Dessa forma, finalizamos a otimização com análise econômica, na qual deverá ser atualizado o preço do ovo, os custos da ração (desde a primeira semana de idade, até o final do ciclo produtivo).

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

Salienta-se dois fatos, o primeiro diz respeito ao ajuste para frangos de corte, em que uma ave ao morrer leva seu peso (carcaça) e toda a ração consumida em vida, além de todo o custo operacional (múltiplos prejuízos). Pelo contrário, a poedeira, já em sua fase de postura, ao menos deixa seus ovos acumulados, minimizando o prejuízo deste óbito. Com efeito, qualquer alteração no cenário (preço de ovos ou do frango), no custo operacional ou na ração muda favoravelmente ou desfavoravelmente os resultados da otimização.

Igualmente, as curvas de ajuste de peso (ovo ou kg frango), o consumo de ração e a mortalidade mostram, também, seu impacto na otimização. Uma vez que temos muitas possibilidades, a análise econômica apresenta três cenários para cada planilha (Optimization 1, 2 e 3), permitindo ser possível avaliar, por exemplo, para frangos de corte cenários distintos para lotes de machos, fêmeas e mistos, ou ainda, comparar frangos inteiros vs carcaça.

Da mesma forma, para poedeiras, poderiam comparar posturas com variação na curva de produção (ex. normal vs -10% vs -20%, entre outras opções) (Figura 29).

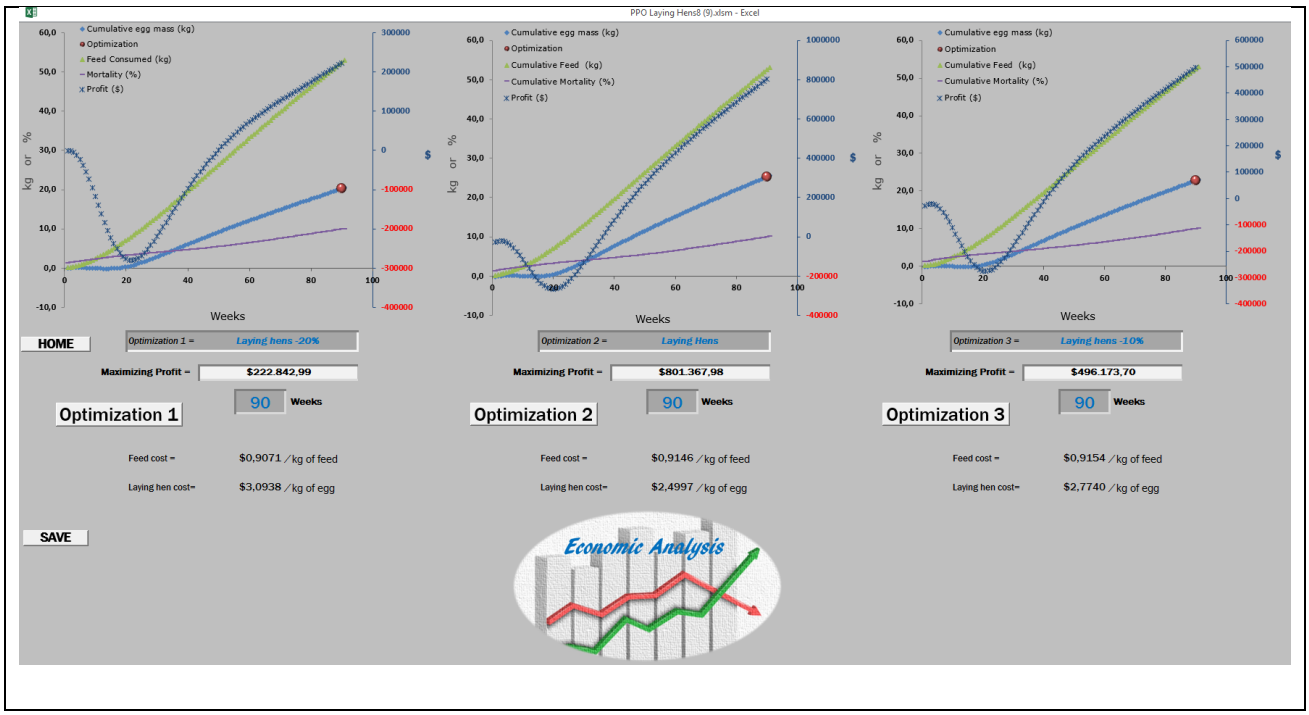


Figura 29- Avaliação econômica, segundo vários cenários.

Simultaneamente, passando-se o mouse em cima das curvas, é possível acompanhar todo o ciclo, observando-se em cada intervalo de tempo. Por exemplo, o momento em que a ave custeia todo o investimento efetuado até aquele momento em sua criação (Figura 30).

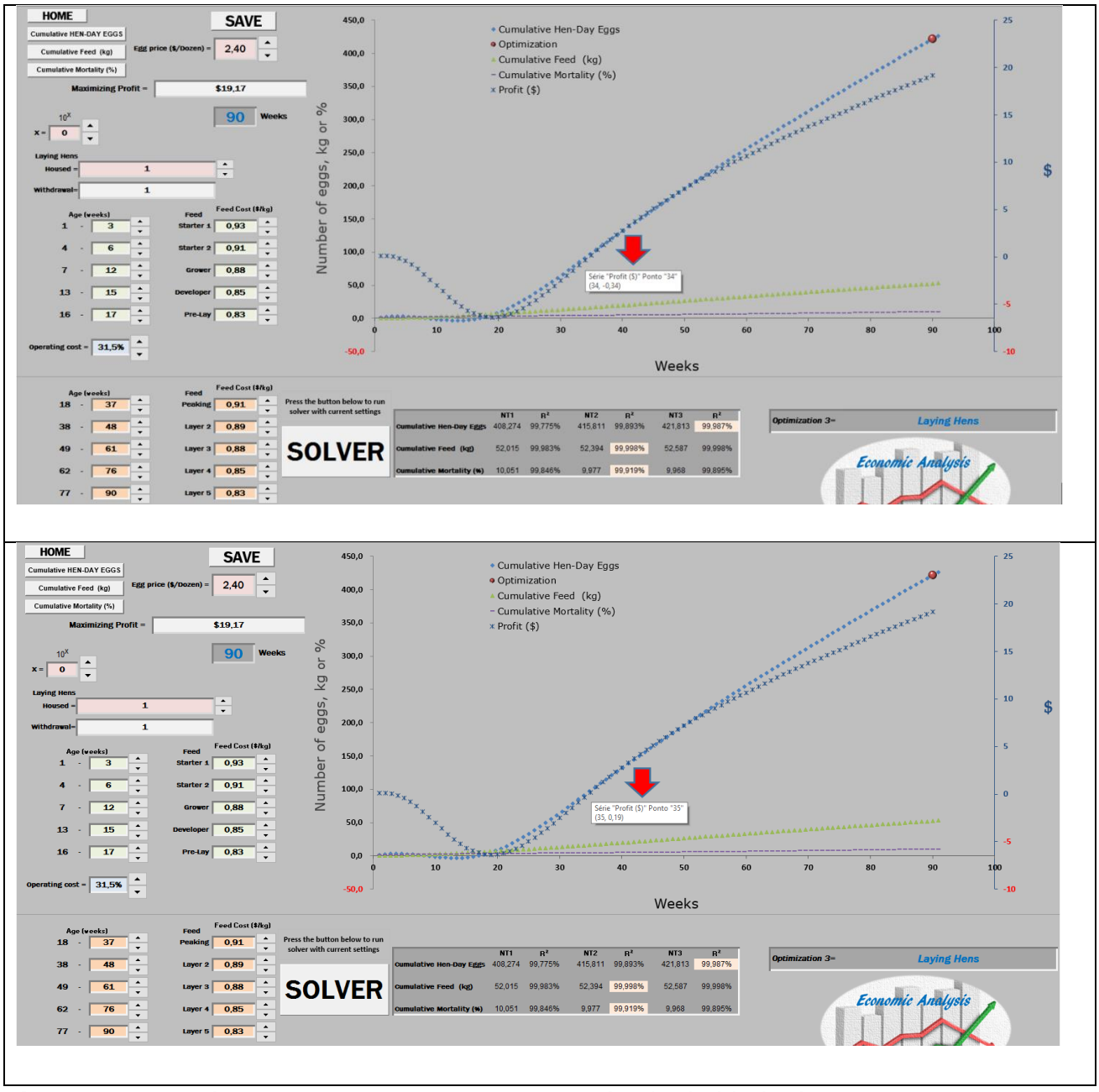


Figura 30- Investimentos e custos, conforme a variação da idade das aves

Finalizando esse assunto de otimização, podemos pensar que uma das formas mais elementares de otimização é avaliar os resultados de conversão alimentar. Deste modo, otimiza-se o ingerido (ração) pelo produzido (carne). Sendo ainda possível afirmar que a mortalidade é considerada, pois o consumido final penaliza o consumido pelas aves que vieram a óbito durante todo o período em questão. Entretanto, permanece uma questão sem resposta: Qual o momento ideal de abate?

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

E ainda mais, se o lote for retido por mais tempo, o peso seria um fator favorável, mas o consumo e a mortalidade militariam contra! (Figura 31).

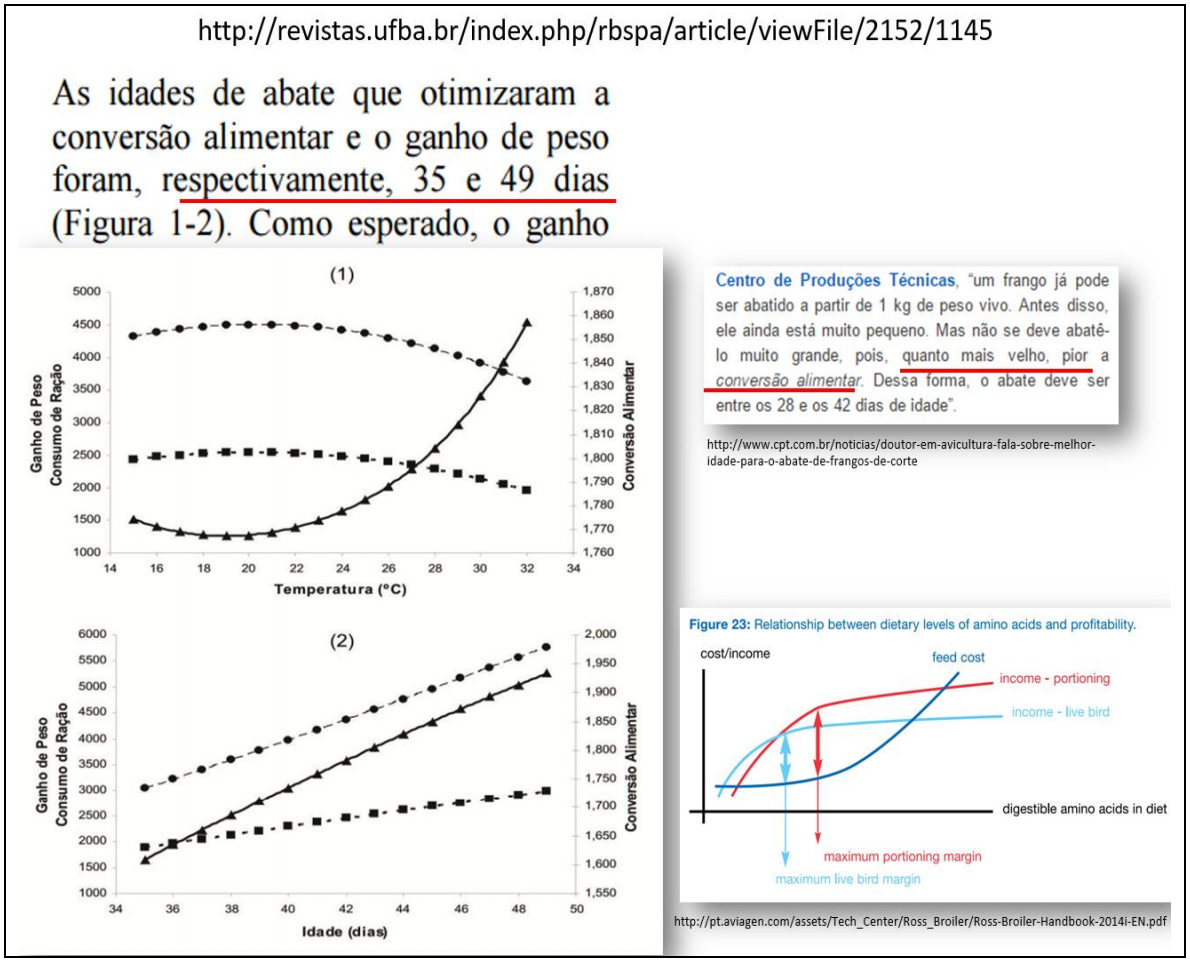


Figura 31- Sugestão de idade ao abate, conforme a melhor conversão alimentar

Ou seja, a conversão alimentar não é suficiente para determinar o momento mais favorável para o abate, pois dependendo do cenário, até mesmo com a elevação da mortalidade e do consumo de ração, o peso maior do lote compensa uma pior conversão e uma maior mortalidade. Portanto, o PPO acomoda todos esses senões.

Manoel Garcia Neto m.garcia@.unesp.br https://www.fmva.unesp.br/

Bibliografia

AGGREY, S. E. Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. Poultry Science, v. 81, n. 12, p. 1782-1788, 2002. In: http://ps.oxfordjournals.org/content/81/12/1782.full.pdf

BERGER, R. D. Comparison of the Gompertz and Logistic Equations to Describe Plant Disease Progress. Phytopathology, v. 71, n. 7, p. 716-719, 1981. In: http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1981Articles/Phyto71n07_716.PDF

CAUSTON, D. R. A computer program for fitting the Richards function. Biometrics, p. 401-409, 1969. In: https://www.jstor.org/stable/2528797?seq=1#page_scan_tab_contents

FARIDI, A. et al. Narushin-Takma models as flexible alternatives for describing economic traits in broiler breeder flocks. Poultry science, v. 90, n. 2, p. 507-515, 2011. In: http://ps.oxfordjournals.org/content/90/2/507.full.pdf+html

FEKEDULEGN, Desta; MAC SIÚRTÁIN, Máirtín Pádraig; COLBERT, Jim J. Parameter Estimation of Nonlinear Models in Forestry. 1999. In: http://researchrepository.ucd.ie/bitstream/handle/10197/4032/Fekedulegn_et_al._1999.pdf?sequence=1

FREITAS AR, Albino LFT, Michelan Filho T, Rosso LA. Modelos de curvas de crescimento em frangos de corte. Pesquisa Agropecuária Brasileira 1984; 19(9):1057-1064.

HINDEYA, Bayru Haftu; Murthy, Samba Narasimha . Application of Growth Functions to Describe the Dynamics of Avascular Tumor in Human Body. Applied and Computational Mathematics. Vol. 5, No. 2, 2016, pp. 83-90. doi: 10.11648/j.acm.20160502.18 In: http://article.sciencepublishinggroup.com/html/10.11648.j.acm.20160502.18.html

JORGENSEN, Murray A. Fitting animal growth curves. NZ Statistician, v. 16, p. 5-15, 1981.In: http://www.stats.org.nz/NZStatnCD/pdf_files/1981_Vol16_No2_October.pdf

KNÍŽETOVÁ, Helena et al. Growth curves of chickens with different type of performance. Journal of Animal Breeding and Genetics, v. 102, n. 1-5, p. 256-270, 1985. In: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0388.1985.tb00694.x/epdf

KNÍŽETOVÁ, Helena et al. Growth curves of highly inbred lines of fowl and their F1 hybrids. **Génétique Sélection Évolution**, v. 15, n. 4, p. 533-558, 1983. In: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00893587/document

KNÍZTOVÁ H, Hyanek B, Knize B, Roubicek J. Analysis of growth curves of the fowl. I. Chickens. British Poultry Science 1991a; 32:1027-1038.

KNÍZTOVÁ H, Hyanek B, Knize B, Roubicek J. Analysis of growth curves of the fowl. II. ducks. British Poultry Science 1991b; 32:1039-1053.

KOYA, Purnachandra Rao; GOSHU, Ayele Taye. Generalized mathematical model for biological growths. Open Journal of Modelling and Simulation, v. 1, n. 04, p. 42, 2013. In: http://file.scirp.org/pdf/OJMSi_2013103111013260.pdf

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. Growth of farm animals. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2002. 346p. In :http://www.agrifs.ir/sites/default/files/Growth%20of%20Farm%20Animals%20%20-%202nd%20Edition.pdf

MAHANTA, Dimpal Jyoti; BORAH, Munindra. Parameter Estimation of Weibull Growth Models in Forestry. parameters, v. 1, p. 5. In: http://www.ijmttjournal.org/Volume-8/number-3/IJMTT-V8P521.pdf

NARUSHIN, V. G.; TAKMA, C. Sigmoid model for the evaluation of growth and production curves in laying hens. Biosystems engineering, v. 84, n. 3, p. 343-348, 2003. In: http://norsemathology.org/wiki/images/3/38/Sdarticle.pdf
PROCTER, Dennis Lester Coor. Energy flow through free-living soil nematodes in High Arctic terrestrial communities. 1979.In: https://era.library.ualberta.ca/files/wh246v503/NK43525.pdf
SEBER, G, A.; F.; WILD, C. J. Nonlinear regression. 2003.
SHIMOJO, Masataka et al. Comparison between Richards Growth Function, its Family Growth Functions and Basic Growth Function. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, v. 56, n. 1, p. 75-76, 2011.In: http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/handle/2324/19641/p075.pdf
ZACH, Reto. Growth-curve analysis: a critical reevaluation. The Auk, v. 105, n. 1, p. 208-210, 1988. In: https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/auk/v105n01/p0208-p0210.pdf

A WORKBOOK TO ESTIMATE PARAMETERS FOR MODELS

Manoel Garcia Neto, Sílvia Helena Venturoli Perri, Thainá Landim de Barros, Rodrigo Pereira Cassiano, Max José de Araujo Faria Junior

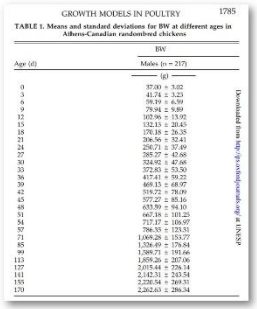
UNESP - Univ Estadual Paulista, Araçatuba/SP, Brazil- E-mail: mgarcia@fmva.unesp.br - Fapesp 2015/18210-7

OBJECTIVE

A variety sigmoidal of growth models have been used to predict relationships between data and new observations, commonly used in many fields like agriculture, biology, economics and engineering. This relevant and commonly S-shaped include Gompertz, Logistic (3 and 4 parameters), von Bertalanffy and Richards. The Richards model seems to be more flexible shape and is probably the most robust and realistic function to description the animal growth, because involve four parameters, but presents more difficulties to adjust and requires sophisticated statistical software. An Excel workbook PPM (Practical program for Modeling- https://goo.gl/5je0GV) has been prepared to fit several known models such as: Broken-line (linear and quadratic), Saturation kinetics, Logistics (3 and 4 parameters), Compartmental, New compartmental, RNB (Model 1 and 2), Gompertz, Orskov, Nelson-Siegel, Nelson-Siegel-Svensson, Ducatti, Gaussian, Narushin-Takma, Oscillatory and, finally, detaching the Richards model. The Richards model is a general form of Brody, von Bertalanffy, Logistic and Gompertz. In practice, with proper understanding of the parameters of the growth curve, like Richards curve, it will be found the asymptotic maximum value, the point of inflexion of the curve, the maximum growth rate, the average growth rate, the age at maximum rate of growth and the weight at inflection point. The use of this workbook consists of three distinct parts: First, copy data in cell "Input and Output". Second, view the data and estimate the value until the predicted line is close to the observed points. Finally, the solver feature of Excel will attempt to minimize the sum of squared errors, by changing of the parameter values, with the goodness-of-fit of the curves and statistical significance of the estimated parameters.

RESULTS

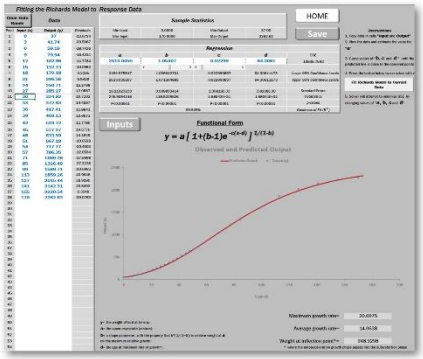
Example 1 : Broiler chickens



GROWTH MODELS IN POULTRY 1785

TABLE I. Means and standard deviations for BW at different ages in Athens-Canadian randombred chickens

Age (d)	BW (g) Males (n = 217)
0	37.00 ± 3.02
3	41.74 ± 3.23
6	59.39 ± 6.59
9	79.94 ± 9.89
12	103.96 ± 13.92
15	132.13 ± 20.45
18	170.18 ± 26.58
21	206.56 ± 32.43
24	250.71 ± 37.49
27	295.27 ± 42.68
30	324.92 ± 47.68
33	372.83 ± 53.50
36	417.41 ± 59.22
39	469.13 ± 68.97
42	519.72 ± 78.09
45	577.27 ± 85.16
48	633.59 ± 94.10
51	667.38 ± 101.25
54	717.17 ± 106.97
57	796.35 ± 123.31
71	1,069.28 ± 153.77
85	1,326.49 ± 178.84
99	1,589.71 ± 191.66
113	1,859.26 ± 207.06
127	2,015.44 ± 226.34
141	2,142.31 ± 243.54
155	2,226.54 ± 269.31
170	2,262.63 ± 286.34



Example 2 : Japanese quail

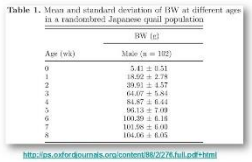
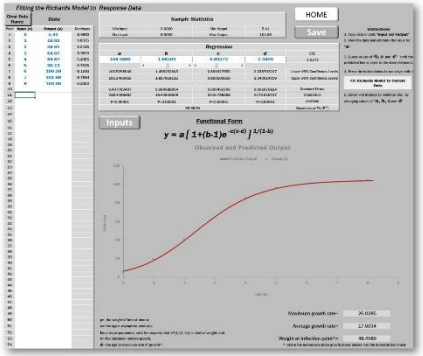


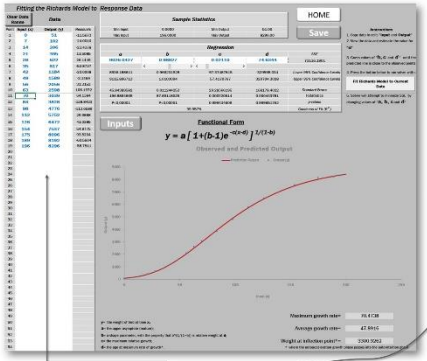
Table 1. Mean and standard deviation of BW at different ages in a randombred Japanese quail population

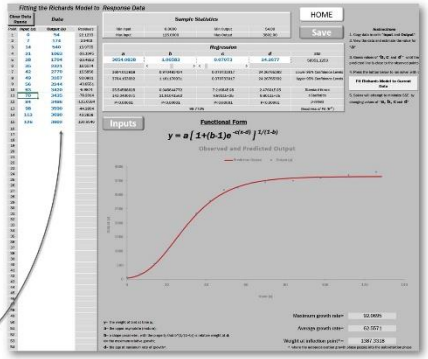
Age (wk)	BW (g) Male (n = 102)
0	5.41 ± 0.51
1	18.02 ± 2.79
2	39.91 ± 4.57
3	64.47 ± 5.81
4	84.87 ± 6.44
5	99.13 ± 7.09
6	100.29 ± 6.18
7	101.98 ± 6.00
8	104.06 ± 6.05

http://ps.oxfordjournals.org/content/88/2/276.full.pdf+html



Example 3 : Turkeys, Ducks and Geese





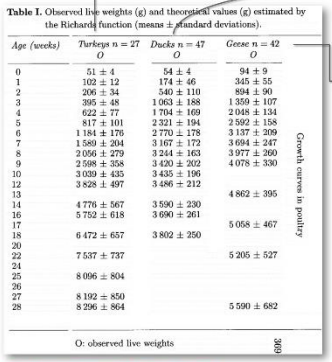


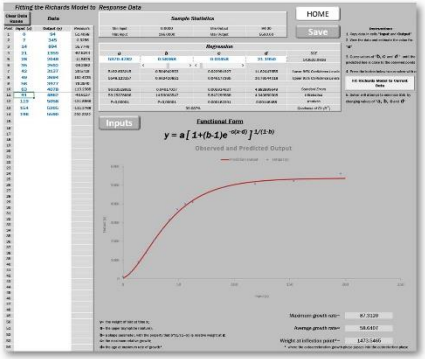
Table I. Observed live weights (g) and theoretical values (g) estimated by the Richards function (means ± standard deviations).

Age (weeks)	Turkeys n = 27 O	Ducks n = 47 O	Geese n = 42 O
0	51 ± 4	54 ± 4	94 ± 9
1	102 ± 12	174 ± 46	345 ± 55
2	206 ± 34	540 ± 110	894 ± 90
3	395 ± 48	1 063 ± 188	1 359 ± 107
4	622 ± 77	1 704 ± 169	2 048 ± 134
5	817 ± 101	2 321 ± 194	2 592 ± 158
6	1 184 ± 176	2 770 ± 178	3 137 ± 209
7	1 589 ± 204	3 167 ± 172	3 694 ± 247
8	2 056 ± 279	3 244 ± 163	3 977 ± 260
9	2 598 ± 358	3 420 ± 202	4 078 ± 330
10	3 039 ± 435	3 435 ± 196	
12	3 828 ± 497	3 486 ± 212	
13			4 862 ± 395
14	4 776 ± 567	3 590 ± 230	
16	5 752 ± 618	3 690 ± 261	
17			5 058 ± 467
18	6 472 ± 657	3 802 ± 250	
20			
22	7 537 ± 737		5 205 ± 527
24			
25	8 096 ± 804		
26			
27	8 192 ± 850		
28	8 296 ± 864		5 590 ± 682

O: observed live weights

Growth curves in poultry

https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00894102/document



FINANCIAL SUPPORT

FAPESP

OPTIMIZATION MODELING WITH SPREADSHEETS: FINDING SIMPLICITY IN COMPLEXITY

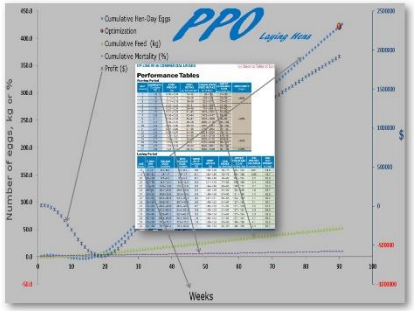
Manoel Garcia Neto, Rodrigo Terra Celidonio, Roberto Carlos de Freitas, Thainá Landim de Barros, Rodrigo Pereira Cassiano

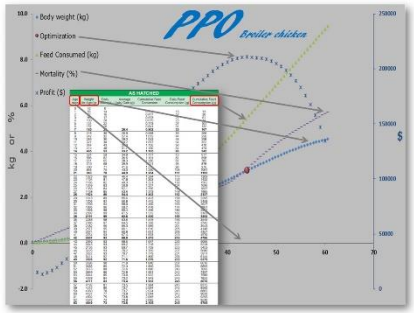
UNESP - Univ Estadual Paulista, Araçatuba/SP, Brazil- E-mail: mgarcia@fmva.unesp.br - Fapesp 2015/18210-7

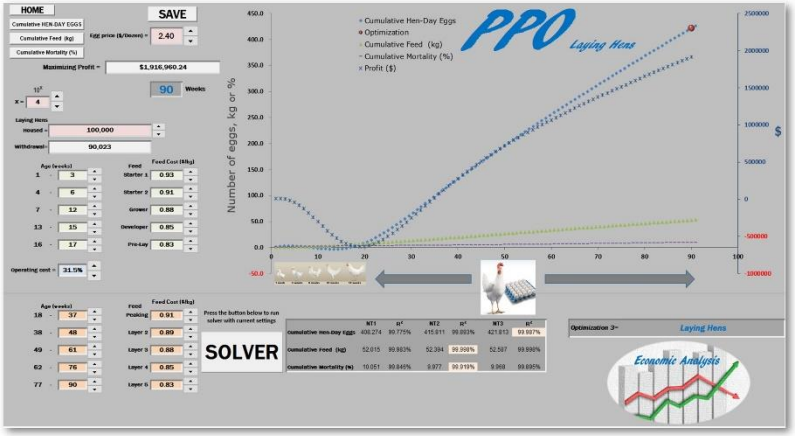
OBJECTIVE

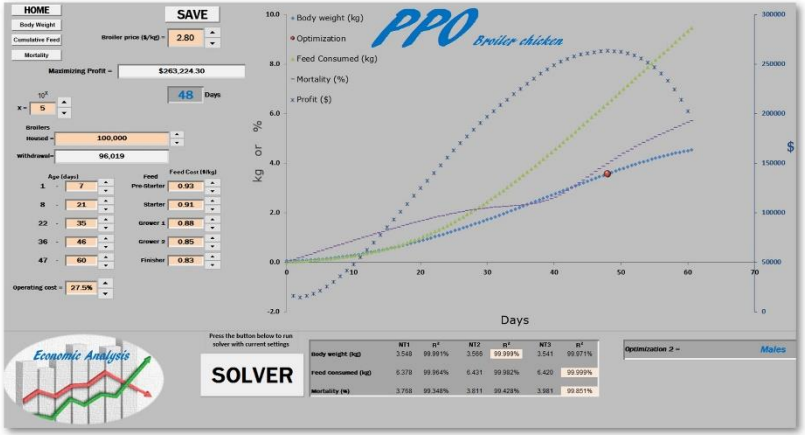
Models curve analysis can find simplicity in complexity, because can explain and represent many challenges to the real world. The modelling process can find issue investigated, with simplification, defining the essence of complex systems. The model to be used needs to answer a specific question, contributing to performance, to save money or time, and applied to give a fuller understanding of the processes. The Practical Program for Optimization-PPO (https://goo.gl/80rJHo) is available for free download. The PPO workbook used the NT models (Narushin-Takma models) for accurate prediction with a minimum of mathematical complexity. The PPO has been prepared to optimization of cumulative egg or broiler body weight, by maximizing profit from the one day of age until the end of the poultry production. The cumulative egg or broiler body weight, the food utilization, the mortality and the egg or the broiler price are economically analyzed. Furthermore, the PPO workbook is useful because it summarizes the information (production, food consumption, mortality) with advantage of the prediction and estimation of change the profit during the full life cycle of poultry (laying hens or broiler chickens), with application in bio-economic studies for predicting the optimum profit age.

RESULTS









FINANCIAL SUPPORT FAPESP