



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CURVAS DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *Apis mellifera* L. (Hymenoptera,
Apidae) UTILIZANDO-SE MODELOS MATEMÁTICOS NO AGRESTE
PARAIBANO**

MÁRCIA DE SOUSA COELHO
Bióloga

AREIA – PB
FEVEREIRO – 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MÁRCIA DE SOUSA COELHO

**CURVAS DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *Apis mellifera* L.
(Hymenoptera, Apidae) UTILIZANDO-SE MODELOS MATEMÁTICOS NO
AGRESTE PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia com área de concentração em Produção Animal.

Comitê de Orientação:

Profª. Dra. Adriana Evangelista Rodrigues

Profº Dr. George Rodrigo Beltrão da Cruz

**AREIA – PB
FEVEREIRO – 2009**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos
Técnicos da

C672c Coelho, Márcia de Sousa.

Curvas de crescimento e produção de *Apis mellifera* L.
(Hymenoptera, apidae) utilizando-se modelos matemáticos no
agreste paraibano. / Márcia de Sousa Coelho – Areia- PB:
UFPB/CCA, 2009.

82 f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade
Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2009.

Bibliografia

Orientador: Adriana Evangelista Rodrigues.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “Curvas de Crescimento e Produção de *Apis mellifera* L.
(Hymenoptera, Apidae) Utilizando-se Modelos Matemáticos no Agreste
Paraibano”.

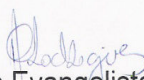
AUTORA: Márcia de Sousa Coelho

ORIENTADOR: Prof^a. Dr^a. Adriana Evangelista Rodrigues

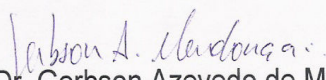
JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

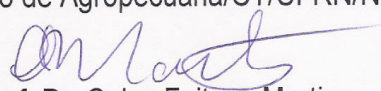
EXAMINADORES:


Prof^a. Dr^a. Adriana Evangelista Rodrigues
Presidente

Departamento de Zootecnia/CCA/UFPB/Areia - PB


Prof. Dr. Gerbson Azevedo de Mendonça
Examinador

Departamento de Agropecuária/CT/UFRN/Natal - RN


Prof. Dr. Celso Feitosa Martins
Examinador

Departamento Sistemática e Ecologia/CCEN/UFPB-João Pessoa -PB

Areia, 19 de fevereiro de 2009

*“Um pouco de ciência nos afasta de Deus,
muito, nos aproxima”.*

Louis Pasteur

A Deus por me permitir concluir mais uma etapa.

A minha Mãe, Maria de Sousa Coelho, pelo amor incondicional, pela força e luta para me educar.

As minhas amadas irmãs, Micheline de S. Zanotti Stagliório Coelho e Maria José de Sousa Coelho pelo amor, amizade e exemplo de vida, e pelos ensinamentos na minha evolução.

Aos meus tios Francisco Fernandes e Maria José Fernandes pelo incentivo, carinho e apoio.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Senhor nesta altura da vida tenho tão pouco a pedir e tanto a agradecer.

A minha família, meu alicerce e onde busco força para enfrentar as lutas diárias.

A Universidade Federal da Paraíba, em especial ao Centro de Ciências Agrária, CCA/UFPB.

Ao curso de Pós-graduação m Zootecnia, pela oportunidade de engrandecimento profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa me possibilitando um maior aproveitamento dos estudos.

Ao Banco do Nordeste do Brasil S.A. (BNB) pelo financiamento do projeto.

Ao Instituto Nacional do Semi-Árido (INSA), por me proporcionar executar o projeto, e pelo apoio concedido em tudo que precisei, e a seus funcionários pela ajuda e competência.

A Professora Adriana Evangelista Rodrigues, pela orientação, confiança, amizade e pelos ensinamentos, você me ajudou a ser uma pessoa melhor.

Ao Professor George Rodrigo Beltrão da Cruz pela contribuição, dedicação e disponibilidade com este trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora, Prof^o Dr. Gerbson Azevedo de Mendonça Prof^o Dr. Celso Feitosa Martins pelo compromisso com este trabalho.

Ao Corpo Docente do PPGZ/CCA pela oportunidade de aprimorar meus conhecimentos.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação, pela dedicação e competência.

Aos funcionários do Setor de Apicultura, **S. Tuta** pelos ensinamentos, alegria e carinho que sempre me recebeu e recebe a todos, **Roberto** pela dedicação no trabalho, **Josenildo** pela colaboração sempre que precisei.

Aos funcionários da Biblioteca, pela concessão de material bibliográfico necessários para o andamento e realização desse trabalho.

Aos amigos do setor de apicultura, Claudete, Gleyce, Alexandre, Henrique, Tarsis, Rosa e Denize.

Aos companheiros de pós-graduação: Anchieta, Danilo, Ebson, Joria, Juliana, Jussara, Manoela, Maria Juliana, Matheus e Wellington, em especial Nelson pelos momentos de diversão companheirismo, Elton por se tornar um irmão e Luciana que descobri uma verdadeira amiga.

Aos amigos do INSA, Mônica, Valeria José Lorenço, Bastinha, e Denis por me receberem tão carinhosamente e me ajudar sempre que precisei em especial a Ivan que além de sua amizade, colaborou diretamente nesta pesquisa participando de todas as etapas.

Aos amigos que fiz em Areia: Jaciara, Tiago, Felipe, Catarina, Ana Arlete, Josimar, Renata e Gilma, obrigada pelos ótimos momentos.

A minha AMIGA e IRMÃ Rosangela e ao amigo IRMÃO Faviano que em palavras não conseguirei agradecer toda a amizade.

Agradeço a todos porque nesta etapa de minha vida foram contribuintes diretos de mais uma conquista. Obrigada àqueles que passaram e aqueles que não deixarei passar nunca.

Obrigada!

BIOGRAFIA DA AUTORA

Márcia de Sousa Coelho, filha de Maria de Sousa Coelho e Arlindo Mendes Coelho, nascida em 06 de março de 1984, na cidade de Campina Grande, Paraíba. No ano de 2002 ingressou no curso de Bacharelado e Licenciatura Plena em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba. Quando acadêmica, foi estagiária do Laboratório de Controle Biológico de Pragas da UEPB, onde foi bolsista do programa de Iniciação Científica da Universidade Estadual da Paraíba/PROINCI com o projeto intitulado: “Bioatividade de Extratos Vegetais sobre a Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Bolsista do Programa de Iniciação Científica/PIBIC onde neste último desenvolveu a pesquisa para o seu trabalho de conclusão de curso: “Biologia e Exigências térmicas de *Spodoptera frugiperda*(LEPIDOPTERA:NOCTUIDAE) em folhas de repolho, *Brassica oleraceae* var. *capitata*. Em 2007, formou-se em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba, no mesmo ano ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em nível de mestrado, no qual foi aluna bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, desenvolvendo sua pesquisa na área de Produção Animal com enfoque à Produção de Abelhas Sociais, com defesa de dissertação em fevereiro de 2009.

SUMÁRIO

	Páginas
<i>Lista de Tabelas</i>	x
<i>Lista de Figuras</i>	xiii
<i>Resumo geral</i>	xv
<i>Abstract</i>	xvii
Capítulo I – Referencial Teórico	19
1. Evolução e Biologia de <i>Apis mellifera</i>	20
2. Fatores sócio-econômicos da apicultura.....	23
3. Utilização de modelos matemáticos: Curvas de crescimento e produção.....	25
3.1. Modelos matemáticos: Representação de Curvas de crescimento e produção aplicados na zootecnia.....	29
Referências Bibliográficas	33
Capítulo II - Aplicação de Curvas de Crescimento e Produção de <i>Apis mellifera</i> L. (Hymenoptera, Apidae) utilizando-se Modelos Matemáticos no Agreste Paraibano.....	37
Resumo	38
Abstract	39
Introdução	40
Material e Métodos	42
Resultados e Discussão	47
Conclusões	70
Referências bibliográficas	71
Apêndice.....	75

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

		Página
Tabela 1.	Modelos matemáticos utilizados para descreverem o crescimento e a produção de colméias de <i>Apis mellifera</i> nidificadas em colméias Langstroth no município de Campina Grande-PB.....	44
Tabela 2.	Peso médio dos ninhos (kg) de abelhas <i>Apis mellifera</i> nidificadas em colméias Langstroth no Apiário instalado no INSA no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	47
Tabela 3.	Médias dos parâmetros estimados, erro padrão, interações e coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) para cada modelo utilizado para as colônias de <i>Apis mellifera</i> em Campina Grande – PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	52
Tabela 4.	Peso médio da produção de mel (kg) de abelhas <i>Apis mellifera</i> nidificadas em colméias Langstroth no Apiário instalado no INSA no município de Campina Grande – PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	60
Tabela 5.	Médias dos parâmetros estimados, erro padrão, iterações e coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) para cada modelo utilizado para produção de <i>Apis mellifera</i> em Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	63
Tabela 6.	Precipitação média (mm) da microrregião de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	75
Tabela 7.	Distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho (kg) pelo modelo Quadrática-Logarítmica em colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas no Apiário do INSA no município de Campina Grande – PB , no período de junho a dezembro de 2008.....	76
Tabela 8.	Aplicação do modelo Quadrático na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	76

Tabela 9.	Aplicação do modelo Linear na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	77
Tabela 10.	Aplicação do modelo Brody na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	77
Tabela 11.	Aplicação do modelo Bertalanffy na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	78
Tabela 12.	Aplicação do modelo Gompertz na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	78
Tabela 13.	Aplicação do modelo Richards na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	79
Tabela 14.	Distribuição da produção das colméias e estimativa de peso de melgueira (kg) pelo modelo Quadrática-Logarítmica em colméias de <i>Apis mellifera</i> instaladas no Apiário instalado no INSA no município de Campina Grande – PB , no período de junho a dezembro de 2008.....	79
Tabela 15.	Aplicação do modelo Quadrático na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	80
Tabela 16.	Aplicação do modelo Linear na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	80

Tabela 17.	Aplicação do modelo Brody na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	81
Tabela 18.	Aplicação do modelo Bertalanffy na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	81
Tabela 19.	Aplicação do modelo Gompertz na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	82
Tabela 20.	Aplicação do modelo Richards na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de <i>Apis mellifera</i> instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	82

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II

	Página
Figura 1. Curva média de crescimento dos ninhos observada para as doze colônias de <i>Apis mellifera</i> nidificadas em caixas Langstroth instaladas no Apiário do INSA no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008.....	48
Figura 2. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Quadrática-Logarítmica aplicada em colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de CampinaGrande-PB.....	54
Figura 3. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Quadrático aplicada em colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	56
Figura 4. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Linear aplicada em colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	57
Figura 5. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Brody aplicada em colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	57
Figura 6. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Bertalanffy aplicada em colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	58
Figura 7. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Gompertz aplicada em colônias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	58
Figura 8. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Richards aplicada em colméias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	59

Figura 9.	Curva média de produção de mel observada para as doze colméias de <i>Apis mellifera</i> nidificadas em caixas Langstroth instaladas no Apiário do INSA no município de Campina Grande-PB, no período de Junho a Dezembro de 2008.....	62
Figura 10.	Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Quadrática - Logarítmica aplicada em colméias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	65
Figura 11.	Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Quadrático aplicada em colméias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	66
Figura 12.	Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Linear aplicada em colméias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	67
Figura 13.	Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Brody aplicada em colméias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	68
Figura 14.	Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Bertalanffy aplicada em colméias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	68
Figura 15.	Curva média de produção estimada, observada e média do resíduo através do modelo Gompertz aplicada em colméias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	69
Figura 16.	Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Richards aplicada em colméias de <i>Apis mellifera</i> instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB.....	69

**CURVAS DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *Apis mellifera* L.
(Hymenoptera, Apidae) UTILIZANDO-SE MODELOS MATEMÁTICOS NO
AGRESTE PARAIBANO**

RESUMO - Os modelos matemáticos são comumente utilizados para estimar valores mediante uma representação da realidade para diferentes situações como o crescimento ou produção animal. Para o estudo de diferentes modelos utilizam-se representações gráficas construídas a partir de equações matemáticas que utilizam como parâmetros valores biológicos. A apicultura nos últimos anos sofreu um avanço na produtividade, estimulando dessa forma a busca por pesquisas para melhorar práticas de manejo e produtividade, no entanto a dependência dos fatores climáticos dificulta o controle e a previsão das condições do apiário. Com isso a utilização de curvas representam o crescimento das colônias e da produção separadamente, indicando melhores colônias para manejo, seleção de rainhas e produção de mel, haja visto que o crescimento das colônias e a produção de mel pelas abelhas apresentam oscilações no transcorrer do tempo, diferindo assim das características apresentadas no crescimento dos animais (curva sigmóide). A utilização de modelos matemáticos contribui com o entendimento da produtividade da região estudada, pois a curva de crescimento e produção das abelhas auxilia nas intervenções do manejo com medidas adequadas em épocas críticas, evitando a morte e a falta de produção das colônias. Objetivou-se avaliar o crescimento do ninho e a curva de produção em *Apis mellifera* através de modelos matemáticos que melhor estimem o crescimento das colônias e a produção de mel, nas condições do Agreste Paraibano, contribuindo para planejamento de manejo produtivo. O experimento foi realizado no apiário da Estação Experimental do Instituto Nacional do Semi-Árido (INSA), na fazenda Lagoa Bonita/LUCAS, localizada no município de Campina Grande-PB, durante o período de 12 de junho a 11 de dezembro de 2008. A Estação Experimental do Instituto Nacional do Semi-Árido localiza-se a cerca de 16 Km da cidade de Campina Grande, localizada no interior do estado da Paraíba, no Agreste Paraibano, na parte oriental do Planalto da Borborema, a uma altitude média de 547,56 metros, com Latitude de $-7,22^{\circ}$ e Longitude de $-35,88^{\circ}$. Na unidade experimental, utilizou-se 12 colônias de *Apis mellifera* nidificadas em caixas modelo Langstroth oriundas de enxames silvestres capturados na Estação Experimental. As pesagens dos ninhos e melgueiras foram realizadas quinzenalmente diretamente no campo, sempre no

mesmo dia da semana e no período da manhã, às 5:00 horas, utilizando-se balança eletrônica com bateria para carga máxima de 30 kg. Os dados das pesagens foram anotados para edição de um banco de dados com o número de colméias, número da pesagem, data de pesagem e dados de desenvolvimento. A estimativa dos parâmetros foi feita por meio de regressões não-lineares, pelo procedimento NLIN do Programa SAS (Statistical Analysis System), utilizando-se o método modificado de Gauss-Newton. Para a escolha do melhor modelo, utilizou-se número de iterações, o coeficiente de determinação ajustado e o gráfico de distribuição de resíduo. Entre os modelos avaliados, os que apresentaram melhores ajustes para a estimativa de crescimento da colônia e produção de mel nas condições do Agreste Paraibano, foram a Quadrática-Logarítmica e a Quadrática.

Palavras-Chave: Abelha, Ajuste de curva, Crescimento do ninho, Modelagem matemáticas

**GROWTH CURVES AND *Apis Mellifera* L (Hymenoptera, Apidae)
PRODUCTION USING MATHEMATICAL MODELS IN THE AGRESTE
FROM PARAÍBA STATE**

Abstract: The mathematical models are commonly used to estimate values by representation of the reality to different situations as growth or animal production. To study different models It is used graphic representations built from mathematical equations which use as parameters biological values. In recent years Apiculture has advanced in the productivity, stimulating this way the search for researches to improve management practices and productivity, however the dependence of climatic factors difficult the control and the prevision of the Apiarian conditions. With that the use of curves represent the colonies and production growth separately, indicating the best colonies to manage, queens selection and honey production, be seen that the colonies growth and the honey production by bees present oscillations in the elapsed time, differing thus from the presented features in the animals growth (sigmoid curve). The use of mathematical models contributed with the productivity understanding of the studied region, because the growth curve and bees production helps in the management interventions with appropriate measures during critical periods, avoiding death and the lack of colonies production.. This study aims to evaluate the nest growth and production curve in *Apis mellifera* through mathematical models which better estimate the colonies growth and the honey production in the conditions of the Agreste from Paraíba state, contributing to plan the productive management. The experiment was carried out in the apiarian from (INSA), on the farm Lagoa Bonita/LUCAS, located at Campina Grande city-Pb, from June 12 to December 11, 2008. INSA is located about 16 KM from Campina Grande city, in the Paraíba state country side, in the Agreste region, eastern part of the Borborema plateau, medium altitude 547,56 meters, latitude – 7,22 and longitude – 35,88. In the experimental unit, It was used 12 colonies of *Apis mellifera* nested in boxes model Langstroth from wild swarms captured at the experimental station. The nests and honey containers weighing were performed fortnightly directly in field, always in the same week day in the morning at 05:00 o'clock, using electronic scale with battery to maximum charge of 30 kg. The weighing data were annotated to edition of a database with hives number, weighing number, weighing date and data of development. The parameters estimate was made through not-linear regressions, by

NLIN procedure from SAS program (Statistical Analysis System), using the modified method Gauss-Newton. To choose the best model, It was used the interaction number, the coefficient of adjusted determination and the residues distribution graphic. Among the evaluated models, those which had better adjustments to estimate the colonies growth and honey production in the conditions of the Agreste from Paraíba state, were quadratic-logarithmic and quadratic.

Key words: Bees, curve adjustment, nest growth, mathematical modeling.

CAPÍTULO I

Referencial Teórico

Avaliação do Crescimento e Produção de mel de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) utilizando-se Modelos Matemáticos no Agreste Paraibano

1. Evolução e Biologia de *Apis mellifera*

Os insetos são os maiores grupos de animais que habitam a Terra, com aproximadamente 900.000 espécies de insetos conhecidos. Eles surgiram há mais de 300 milhões de anos, e habitam a Terra em todos os locais desde os desertos e geleiras, até submersos em petróleo, e sobrevivem às mais variadas condições climáticas. Nela se encontra, além de outras ordens, a ordem Hymenoptera que ocupa o terceiro lugar em número de insetos conhecidos e onde estão incluídas as abelhas (LARA, 1992).

Entre as abelhas e vespas encontramos formas solitárias e sociais, com hábitos semelhantes de nidificação, porém com diferença no regime alimentar. As vespas alimentam sua prole com insetos e aranhas e na fase adulta com néctar das flores. As abelhas alimentam as larvas com uma mistura de pólen e mel, e os adultos de pólen e néctar. Em todas as famílias de abelhas encontramos estruturas mais ou menos especializadas de coleta e transporte de pólen e néctar, fato não observado entre as vespas (RAMALHO et al., 1991). A evolução de divergência das abelhas está ligada de perto com o aparecimento das plantas angiospermas, plantas que produzem flores com odor, forma e cor, bem como néctar em excesso e pólen para atrair as abelhas como recompensa, e as abelhas em troca, fornecendo um mecanismo de transferência de pólen entre as plantas. A coevolução destes dois grupos tem sido um dos temas dominantes da recente história da evolução (WINSTON, 2003).

De acordo com Wiese (2005) as abelhas *Apis* provavelmente surgiram na África tropical e foram levadas para Europa, Leste da Índia e China, não são nativas do continente americano para onde foram trazidas pelos primeiros colonizadores, e agora estão espalhados pelo mundo inteiro.

Todas as abelhas atuais (Apidae:Apini) são classificadas num único gênero *Apis*, que inclui cinco espécies: a abelha comum (*A. mellifera*), abelha gigante (*A. dorsata* e *A. laboriosa*), a abelha índia (*A. cerana*) e a abelha anã (*A. florea*). Todas as Apinae são caracterizadas pela presença da corbícula, ou cesta de pólen, na superfície exterior de cada uma das tíbias do último par de pernas, pelo menos nas operária, e esta estrutura é usada para carregar pólen e materiais necessários para a construção do ninho (WINSTON, 2003).

Acredita-se que as primeiras colônias chegaram ao “novo mundo” (América) por volta de 1800, inicialmente ao Brasil em 1839 e desde então, distribuídas para o Chile e Peru. Também vieram para a América outras raças de abelhas como *Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera scutellata*, cuja dispersão pelo continente americano tenha dado origem as abelhas africanizadas (PADILLA ALVAREZ e SERENO, 2005).

Segundo Padilla Alvarez et al. (1998) treze das vinte quatro subespécies reconhecidas de *Apis mellifera* se localizam na costa do mediterrâneo. Quatro pertencem ao denominado grupo oriental (*A. m. anatoliaca*, *A. m. adami*, *A. m. cypria* e *A. m. syrica*) uma colônia no vale do rio Nilo (*A. m. lamarckii*) e as outras raças restantes podem ser classificadas de acordo com aspectos geográficos dos grupos: Mediterrâneo Ocidental: 1. Norte da África (*A. m. sahariensis* e *A. m. intermissa*). 2. Oeste e Norte da Europa (*A. m. iberica* e *A. m. mellifera*). Mediterrâneo Central e nordeste (*A. m. sicula*, *A. m. ligustica*, *A. m. cecropia*, *A. m. macedonica*, *A. m. carnica*).

A apicultura começou no Brasil em 1956 quando as abelhas africanas *Apis mellifera scutellata* foram introduzidas no Brasil. Cerca de um ano depois, 26 enxames com suas respectivas rainhas, escaparam e cruzaram com as demais subespécies de abelhas melíferas européias aqui introduzidas no século XIX, a italiana *Apis mellifera*

ligustica, a alemã *Apis mellifera mellifera* e a austríaca *Apis mellifera carnica*. Com isso surgiram populações polí-híbridas denominadas africanizadas, com predominância de características das abelhas africanas, tais como a grande capacidade de enxamear e a rusticidade (KERR, 1967).

A introdução da abelha africana resultou na africanização de toda a nossa apicultura que sofreu muito nos primeiros anos com as abelhas ditas africanizadas, ou seja, mestiças de *Apis mellifera scutellata* e *Apis mellifera ligustica* principalmente, porque não havia técnicas adequadas para manejá-las. Se por um lado, antes da introdução das africanas, a produção brasileira de mel era muito baixa, após a africanização aumentou de forma espetacular. Por outro lado, ainda se discute os prováveis impactos na competição com as espécies de abelhas nativas, sobre as relações entre polinizadores e plantas nos ambientes naturais e sobre o sucesso reprodutivo das plantas nativas (SILVEIRA et al., 2002). Esses cruzamentos entre as raças dos diferentes grupos introduzidos no Brasil deram origem a um híbrido europeu/africano que, sob a ação da seleção natural nos cruzamentos posteriores, originou uma abelha com características próprias, mas muito parecidas com as africanas, denominadas abelhas africanizadas, que atualmente são encontradas em todo o Brasil e praticamente em toda América do Sul, América Central, atingido vários estados norte-americanos. (NOGUEIRA-COUTO e COUTO, 2002).

A excelente adaptação das abelhas africanas (*A. mellifera scutellata*) ao Brasil deu-se devido à semelhança das condições ambientais do território brasileiro com as de seu local de origem e, posteriormente, pela capacidade dessa subespécie africana de imprimir algumas vantagens adaptativas nas descendentes de seus cruzamentos com outras subespécies, garantindo a expansão das abelhas africanizadas por toda a América (GARCIA e NOGUEIRA-COUTO, 2005). As abelhas melíferas africanizadas

receberam esse nome porque apresentaram características semelhantes às de *A. mellifera scutellata*, no que se refere à reprodução, ao comportamento de coleta de alimento e à defesa da colônia (ARRUDA et al, 2007).

Arias e Sheppard (1996), estudando o DNA mitocondrial, colocam o híbrido africanizado no mesmo braço filogenético que a subespécie africana. Dessa forma, os cruzamentos entre as abelhas africanas e européias, e mais tarde entre os próprios híbridos, não constituíram ainda uma nova espécie, sendo os resultantes conhecidos apenas como abelhas africanizadas.

2. Fatores sócio-econômicos da apicultura

A apicultura é uma atividade agropecuária que fornece renda para o apicultor, e possibilita a utilização de mão-de-obra familiar, além de ser favorecida por não utilizar produtos químicos, podendo realizar grandes produções com produtos com selo orgânico.

A produção de mel no Brasil apresentou crescimento gradativo, em 2000 foi de 21.865,144 Kg, com crescimento da produção em 25,12% para 2003, superando a marca de 30 milhões de quilos. Em 2004 foram produzidos 32.290.462 Kg e, em 2005, 33.749.666 Kg (IBGE; 2008).

De acordo com o SEBRAE (2009), o valor das exportações brasileiras de mel no ano de 2008 foi de US\$ 43,57 milhões, aumentando quase 106%, em relação ao ano anterior. O preço médio do mel exportado foi o mais alto da história, US\$ 2,38/kg, superando os US\$ 1,64/kg pagos em 2007 e quebrando o recorde do ano de 2003, que foi de US\$ 2,36 por quilo de mel. Apesar dessas restrições européias e da crise econômica mundial que se iniciou nos EUA, principal destino das nossas exportações,

em 2008. O setor dobrou o valor das exportações em US\$ 43,57 milhões (incremento de 106%) e aumentou 42% a produção o equivalente a 18,27 mil toneladas de mel com o mercado externo, em relação ao ano anterior. O maior incremento nos valores exportados, quando comparado com as quantidades, se deve ao fato do preço médio obtido pelo mel brasileiro exportado em 2008 (US\$ 2,38/kg), ter sido o mais alto da história das exportações brasileiras. Em 2008, o principal destino das exportações brasileiras de mel foram os Estados Unidos, que responderam por 73,1% do total comercializado, com uma receita de exportação de US\$ 31,84 milhões, a um preço de US\$ 2,32 kg de mel. Entretanto, 16,5% das nossas exportações de mel (US\$ 7,19 milhões) já foram comercializadas com a Alemanha, a um preço de US\$ 2,66/kg, portanto, bem acima da média geral (US\$ 2,38/kg). O terceiro mercado do nosso mel foi o Canadá, que respondeu por 5,3% da nossa receita, com um preço médio de US\$ 2,57/kg de mel. Cabe destacar que as exportações para a União Européia poderiam ser ampliadas caso houvessem mais entrepostos credenciados pelo Ministério da Agricultura para exportar mel para a Europa, uma vez que esse mercado se mostrou bastante comprador e pagou melhores preços pelo mel brasileiro, em relação ao mercado americano.

A liderança de exportações no Brasil no ano de 2008 continua sendo de São Paulo com US\$ 13,3 milhões exportados, respondendo, sozinho, por quase um terço (30,5%) das exportações brasileiras de mel, neste ano. O Rio Grande do Sul foi o segundo exportador (US\$ 8,69 milhões), com cerca de um quinto do valor exportado (19,9%). O terceiro e o quarto exportadores foram da região Nordeste, que juntos responderam por mais de um quarto (25,6%) das nossas exportações de mel, representada pelo Ceará com uma receita US\$ 6,74 milhões e pelo Piauí com US\$ 4,41 milhões. O quinto exportador foi o Paraná com US\$ 3,80 milhões. O sexto e o sétimo exportadores foram Santa

Catarina (US\$ 3,52 milhões) e o Rio Grande do Norte (US\$ 2,11 milhões). Os demais estados exportadores foram MG (US\$ 667,13 mil), MA (US\$ 187,97 mil), PE (US\$ 71,71 mil) e ES (US\$181,00). O melhor preço foi o recebido pelo Ceará (US\$ 2,62/kg de mel), bem acima da média nacional de US\$ 2,38/kg. Esse melhor preço recebido pelo Ceará, provavelmente, se deve ao fato desse Estado ser um grande exportador de mel orgânico, além de ter três entrepostos habilitados para exportar para Europa.

O crescimento desta atividade na região semi-árida, em algumas regiões nordestinas está mudando o perfil sócio-econômico da região. Por ser dependente dos recursos naturais e climáticos as oscilações são freqüentes, no entanto os conhecimentos destas características oscilantes estão minimizando as perdas e contribuindo para uma produção contínua e sustentável. O regime semi-árido, que inclui a caatinga, exibe vegetação com diferenças sazonais de florescimento, uma estação chuvosa com alta diversidade de espécies floríferas, em contraste com a estação seca. A variação na disponibilidade de recursos gera um padrão sazonal, de intenso forrageamento pelas abelhas na estação chuvosa seguido de queda significativa na seca (AGUIAR et al., 1995).

A vegetação da caatinga possui espécies que participam da coleta de alimento para as abelhas durante todo decorrer do ano e outras somente o fazem em determinados períodos, em virtude da preferência das colônias e da própria fenologia do componente botânico, sendo que a vegetação caatinga dispõe de espécies que contribuem na dieta das abelhas exclusivamente com pólen, ou com néctar, ou com ambos, como por exemplo, algaroba (*Prosopis juliflora*), juazeiro (*Zyziphus joazeiro*), jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell . Arg.), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), vassourinha (*Scoparia dulcis*, L.), vassourinha de botão (*Borreria spp.*), entre outras (LIMA, 1995).

3. Utilização de modelos matemáticos: Curvas de crescimento e produção

Os modelos matemáticos são comumente utilizados para estimar valores mediante uma representação da realidade para diferentes situações como o crescimento ou produção animal. Para o estudo de diferentes modelos utilizam-se representações gráficas construídas a partir de equações matemáticas que utilizam como parâmetros valores biológicos.

A utilização de regressão sobre o tempo, utilizando-se os modelos não-lineares, tem como uma das principais vantagens desse método o agrupamento de várias informações de pesagens associadas à idade durante o crescimento, em poucos parâmetros biologicamente interpretáveis. Freitas (2005) cita que dentro do enfoque de medidas repetidas, é importante considerar duas fontes de variabilidade: variação aleatória entre os animais, que possibilita testar o efeito de tratamentos global e dentro de cada tempo, e variação aleatória entre medidas dentro do animal. Nesse caso, tem-se a aplicação das curvas de crescimento, cujo interesse é modelar o padrão de resposta de dados peso-idade ao longo da vida do animal. Estas curvas podem ser obtidas de estimativas de parâmetros de modelos assintóticos não-lineares. Nesses modelos, a assíntota representa o peso na maturidade, e os demais parâmetros determinam a forma da curva de crescimento. Através das estimativas desses parâmetros, é possível obter informações sobre as fases de crescimento dos animais (SILVA et al., 2007).

A possibilidade de analisar o crescimento de seres vivos por meio de curvas de crescimento não é algo novo, mas as dificuldades envolvidas nos cálculos praticamente impediam sua implementação. Atualmente, com a difusão do uso de computadores e sendo esses cada vez mais rápidos, não apenas se tornou viável essas abordagens, como

também fizeram dela algo cada vez mais popular no meio científico. As funções de crescimento são equações não-lineares que tentam refletir as relações de crescimento inerente a várias partes do organismo animal, até a sua finalização com a maturidade, durante a sua vida, em situações ambientais distintas. Elas refletem as relações entre o impulso de crescimento inerente a um indivíduo e a maturidade em todas as partes do corpo e o ambiente no qual se expressam (MEDEIROS et al., 2000).

As curvas de crescimento são importantes no estabelecimento de programas de melhoramento para obtenção de animais com maior produção, menores custos e menor tempo para atingir determinado peso (BERGAMASCO et al., 2001). Segundo Guedes et al. (2004) a curva de crescimento é uma das formas de se avaliar a precocidade dos animais, pois essa descreve os processos biológicos que ocorrem com o animal em determinadas fases, refletindo as relações de crescimento entre as várias partes do organismo animal até a sua finalização com a maturidade, em situações ambientais distintas.

O desenvolvimento ponderal dos animais pode ser visto como processo contínuo, em que a taxa de crescimento relativo em função da idade aumenta do nascimento até atingir o ponto em que o crescimento é máximo e, a partir deste ponto decresce até atingir valores próximos a zero quando o tamanho máximo do indivíduo é atingido (Paz et al., 2004). Na curva de crescimento expressa pelos modelos não-lineares, o ponto de crescimento máximo denominado de taxa de crescimento máximo (T^*) é denominado ponto de inflexão da curva de crescimento e representa o exato momento em que a taxa de crescimento passa de crescente para decrescente (NEME et al., 2006).

Segundo Sarmiento et al. (2006) identificado o modelo que melhor se ajustou ao padrão de crescimento, os parâmetros que o descrevem devem ser estudados,

identificando-se os fatores que podem influenciá-los, como raça, sexo, tipo de nascimento, época e ano de nascimento e idade da mãe ao parto, possibilitando ajustes no padrão de crescimento. 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 soma mínima de quadrados do erro.

Para comparação dos melhores modelos Oliveira et al. (2000) sugerem que a comparação do ajuste desses modelos a um determinado conjunto de dados é realizada através das estimativas do quadrado médio do erro e do coeficiente de determinação ajustado para o número de parâmetros, porém outros critérios também são utilizados, como o erro de predição médio e porcentagem de convergência. Paz et al. (2004) citam ainda que para a escolha dos modelos mais adequados consideraram-se as dificuldades computacionais (média de iteração para convergência) qualidade do ajuste (coeficiente de determinação, Quadrado médio do resíduo e médias dos desvios e do quadrado dos desvios) e interpretação biológica dos parâmetros.

Quando se dispõem de animais sujeitos a diferentes efeitos ambientais, provenientes de vários grupos contemporâneos, como rebanhos, anos ou épocas de nascimento, torna-se necessário que as estimativas dos parâmetros sejam corrigidas para estes fatores, processo que é praticamente inviável se realizado pelo método frequentista. Geralmente, a solução frequentista para este problema consiste em duas fases distintas: primeiro faz-se o ajuste de curvas individuais por meio do método de

Quadrados Mínimos, efetuado mediante processos iterativos como Gauss-Newton, DUD e Marquardt. Nessa fase, quando se dispõem de poucas observações longitudinais, o modelo é matematicamente complexo, muitas vezes o método não alcança a convergência, produzindo estimativas irrealistas para os parâmetros. Em uma segunda fase, as estimativas obtidas são consideradas variáveis dependentes e avaliadas por meio de um modelo linear contendo efeitos fixos (ambientais) e/ou aleatórios (genéticos) de interesse (SILVA et al., 2007).

Tradicionalmente, o ajuste dos modelos não-lineares é feito por meio do procedimento NLIN do SAS (SAS, 1999-2001), utilizando-se o método dos quadrados mínimos ordinários. Entretanto, para solucionar os problemas de heterogeneidade de variâncias e obter estimativas de parâmetros mais eficientes, recomenda-se usar o quadrado mínimo generalizado, de modo que as observações com maior variabilidade recebem menos peso na determinação das estimativas de parâmetros. Um dos procedimentos é usar o inverso dos elementos da diagonal da matriz de covariância da variável dependente, de modo que, quanto maior o peso associado à observação, mais importante ela é para a estimativa de parâmetros (SAS, 1999-2001) (FREITAS, 2005).

3.1. Modelos matemáticos: Representação de Curvas de crescimento e produção aplicados na zootecnia

A descrição do crescimento em produção animal utiliza como principais funções: Brody, Richards, Von Bertalanffy, Gompertz e Logística (MAZZINI, et al., 2003). O estudo destas funções já é realizado em diversos animais, seu sucesso se deve a representação dos resultados e da interpretação dada aos resultados.

Os modelos mais utilizados nos estudos com Bovinos são Brody, Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz, no entanto, Oliveira et al. (2000) afirmam que os modelos Brody, Bertalanffy, Logístico e Gompertz são adequados para descrever o crescimento em fêmeas da raça Guzerá, e o modelo Bertalanffy, com os parâmetros estimados no presente trabalho, é o mais indicado para representar a curva de crescimento média de fêmeas da raça Guzerá desta população, e também para ser utilizado em estudos do crescimento da raça.

Em rebanhos Bergamasco et al. (2001) afirmam que o conhecimento das estimativas dos parâmetros da curva de crescimento é importante no monitoramento, pois eles expressam grande quantidade de informações inerentes ao animal durante toda sua vida. Com isso os mesmos autores estudaram a curva de crescimento de novilhas da raça Holandesa por meio do ajuste dos modelos Brody, Gompertz e Logístico a dados ponderais, encontrando entre os modelos que o Gompertz entre os três foi que apresentou excelente qualidade de ajustamento, maior porcentagem de convergência no ajuste individual e estimativa do peso assintótico mais condizente com a realidade.

Para Garner et al. (2005) os modelos Von Bertalanffy, Brody, Gompertz e Logístico, foram apropriados para estabelecer padrões médios de crescimento de fêmeas da raça Nelore, no entanto, a maior facilidade computacional e precisão de ajustes dos dados, foram obtidas pelo modelo Brody indicando ser o melhor modelo para as condições estudadas. Segundo Mazzini et al. (2005) que compararam os modelos de Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy ajustados a dados de peso-idade de novinhos Hereford, afirmam que os modelos Von Bertalanffy e Gompertz ajustados são indicados para descrever o crescimento de novinhos Hereford até os dois anos de idade.

McMANUS et al. (2003) compararam três curvas de crescimento com dados de crescimento de ovinos Bergamácia criados semi - extensivamente no Distrito Federal, e

concluíram que as curvas Richards, Brody e Logística não diferem significativamente entre si, mas em termos práticos a curva Logística tem menos parâmetros do que a curva de Richards e tem maior correlação com os pesos dos animais. Assim, a Logística deve ser a curva preferida para o ajuste de dados para a raça Bergamácia.

Em ovinos Santa Inês na Paraíba, Sarmento et al. (2006) verificaram que o modelo Gompertz apresentou ajuste médio superior e, portanto, devem ser preferido aos demais modelos estudados (Brody, Von Bertalanffy, Logístico, Gompertz e Richards) para descrição da curva média de crescimento e que machos e fêmeas necessitam de curvas diferentes para descrever seus crescimentos.

Guedes et al. (2004) compararam o ajuste ponderado das funções de Richards, Gompertz, Brody, Logística e Von Bertalanffy a dados de peso-idade de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia, e concluíram que as funções de Von Bertalanffy e Gompertz, apesar do aspecto linear das curvas, foram as que melhor descreveram o crescimento, por apresentarem um bom ajuste e estimativas condizentes com a realidade e as funções de Brody, Logística e Richards apresentaram falhas graves, não sendo, portanto, indicadas para esse tipo de estudo. Em seguida Guedes et al. (2005) em cordeiros da raça Santa Inês objetivou ajustar, por meio da análise Bayesiana da curva de crescimento o modelo Logístico e realizar estimação por intervalo para as taxas de crescimento absolutas em cada tempo considerado e concluíram que de forma geral, é possível inferir que a metodologia utilizada foi eficiente para estudar curvas de crescimento de cordeiros, pois produziu estimativas confiáveis e permitiu a confecção de intervalos de credibilidade para as taxas de crescimento absolutas.

Freitas (2005) analisou o ajuste de curvas de crescimento de oito espécies de animais (camarão-d'água-doce, rã-pimenta, coelho, frango, ovino, caprino, suíno e bovino) através de modelos não-lineares tradicionalmente usados na produção animal:

Brody, Richards, Von Bertalanffy e duas alternativas de Gompertz e Logístico; e encontrou que o modelo Logístico $y = A/(1 + e^{-kt})^m$, seguido do Von Bertalanffy $y = A(1 - be^{-kt})^3$, foram os mais versáteis para ajustar dados de crescimento das espécies animais. Em todas as espécies estudadas, pelo menos dois dos sete modelos não-lineares mostraram-se adequados para estimar o crescimento corporal, em função da idade, pois os coeficientes de determinação foram superiores a 92 %.

Na avicultura os modelos de crescimento começaram a ser estudados e a configuração da curva de crescimento corporal passou a fornecer informações adicionais sobre o subsequente desempenho das aves. Constatou-se então que diferentes curvas de crescimento podem afetar a composição corporal durante e ao final da fase de criação, tendo importante papel na maturidade fisiológica e sexual das aves de postura. Por isso, o estudo das curvas de crescimento, da composição corporal torna-se importante para o entendimento de como as aves crescem e depositam seus tecidos, possibilitando a elaboração de programas nutricionais mais adequados (NEME et al., 2006).

Em suínos, têm se desenvolvido vários estudos sobre as curvas de crescimento, já que o melhoramento genético, aliado às pesquisas nutricionais, pode alterar o comportamento biológico do crescimento desses animais (DUTRA JR. et al., 2001).

No estudo com Rã-touro, Rodrigues (2005); Rodrigues et al. (2007) comentam que os modelos de Gompertz e Logístico foram os mais recomendados para estudar o crescimento, pois o formato sigmoidal da curva dos dois modelos citados acima, associado ao parâmetro A que representou o peso final, fez com que estes modelos fossem os eleitos para estudar o crescimento da rã-touro em recria dentro das condições experimentais.

Na apicultura de acordo com Souza (2008), para o estudo do crescimento das colônias e de produção de mel por eles desenvolvidos são utilizados modelos matemáticos aplicados à lactação de bovinos, porque são os que melhor representam o crescimento populacional das abelhas que apresenta oscilação no transcorrer do tempo, diferindo das características apresentadas no crescimento animal de outras espécies (curva sigmóide). Diversos modelos matemáticos são empregados para o ajustamento de curvas de lactação com o intuito de estimar a produção: Gama Incompleto, Quadrática, Quadrática Logarítmica, Linear Hiperbólica, Polinomial Inversa, Linear entre outras. Segundo a mesma autora em estudo com *Apis mellifera* no Cariri Paraibano, o melhor modelo que descreveu o comportamento da curva de crescimento do ninho de *Apis mellifera* nas condições estudadas foi a Quadrática-Logarítmica, por esta apresentar menor número de iterações, valor elevado de R_a^2 , avaliação gráfica satisfatória da curva da média de peso observado, estimado e do resíduo, além de interpretabilidade biológica.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, C. M. L.; MARTINS, C. F.; MOURA, A. C. DE A. Recursos florais utilizados por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em área de caatinga (São João do Cariri, Paraíba), **Revista Brasileira de Biologia**, João Pessoa, v. 10, n. 2, p. 101–117, 1995.
- ARIAS, M.C.; SHEPPARD, W.S. Molecular phylogenetics of honey bee subspecies (*Apis mellifera* L.) inferred from mitochondrial DNA sequence. **Mol. Phylog. Evol.** v. 5, p.557-566, 1996.
- ARRUDA, V.M.; ALVES JR., V.V.; MORAES, M.M.B.; CHAUD NETTO, J.; SUÁREZ, Y.R. Análise Morfológica da Glândula de veneno de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera:Apidae) em populações de Mato Grosso do Sul. **Neotropical Entomology**, V.36, n.2, p:203-209, 2007.
- BERGAMASCO, A.F.; AQUINO, L.H.; MUNIZ, J.A. Ajuste de modelos não-lineares a dados de crescimento de fêmeas da raça holandesa. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.25, n.2, p.235-241, mar./abr., 2001.
- DUTRA JR. W.M.; FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L.; EUCLYDES, R.F.; TAROUÇO, J.U.; CARDOSO, L.L. Predição de Curvas de Crescimento de Tecidos de Fêmeas Suínas por Intermédio da Função Alométrica Estendida. **Rev. Bras. Zootec.**, v.30, n.3, p.1007-1014, 2001 (Suplemento 1).
- FREITAS, A.R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.
- GARCIA, R.C.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Produção de geléia real por abelhas *Apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.27, n.1, p. 17-22, jan/march, 2005.
- GARNERO, A. DEL V.; MARCONDES, C.R.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N.; LOBO, R.B. Parâmetros genéticos da taxa de maturação e do peso assintótico de fêmeas da raça Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, n.5, p.652-662, 2005.
- GUEDES, M. H.P.; MUNIZ, J.A.; SILVA, F.F.; AQUINO, L.H. Análise Bayesiana da curva de crescimento de cordeiros da raça Santa Inês. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, n.3, p.415-417, 2005.

GUEDES, M.H.P.; MUNIZ, J. A.; PEREZ, J.R.O.; SILVA, F. F.; AQUINO, L.H.; SANTOS, C. L. estudo das curvas de crescimento de cordeiros das raças santa Inês e bergamácia considerando heterogeneidade de variâncias. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 381-388, mar./abr., 2004.

IBGE. **Pesquisa da pecuária municipal**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 2 dez. 2008.

LARA, F. M. **Princípios de Entomologia**. 1. ed, São Paulo: Ícone, 331p, 1992.

LIMA, A.O.N. **Pólen Coletado por Abelhas Africanizadas em Apiário Comercial na Caatinga Cearense**. 118f. 1995. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal do Ceará, 1995.

KERR, W.E. The history of introduction of African bees to Brazil. **South African Bee Journal**, v. 39, n. 2, p. 3-5, 1967.

MAZZINI, A. R. de A.; Muniz, J. A.; Silva, F. F.; Aquino, L. H de. Análise da curva de crescimento de machos Hereford. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 27, n.5, p.1105-1112, 2003.

MAZZINI, A.R.A.; MUNIZ, J.A. SILVA, F.F. AQUINO, L.H. Curva de crescimento de novilhos Hereford: heterocedasticidade e resíduos autorregressivos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v35, n.2, p.422-427, mar-abr, 2005.

MCMANUS, C.; EVANGELISTA, C.; FERNANDES, L.A.C.; MIRANDA, R.M.; MORENO-BERNAL, F.E. SANTOS, N.R. Curvas de Crescimento de Ovinos Bergamácia Criados no Distrito Federal. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.5, p.1207-1212, 2003.

MEDEIROS, H.A.; AQUINO, L.H. BEARZOTI, E. FERREIRA, D.F. Avaliação da qualidade do ajuste da função logística monofásica com estrutura de erros independentes e autorregressivos através de simulação. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.24, n.4, p.973-985, out./dez., 2000

NEME, R.; SAKOMURA, N.K.; FUKAYAMA, E.H. FREITAS, E.R. FIALHO, F.B. RESENDE, K.T. FERNANDES, J.B.K. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.1091-1100, 2006 (supl.).

- NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. **Apicultura: manejo e produtos**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 191p.
- OLIVEIRA, H.N.; LÔBO, R.B.; PEREIRA, C.S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça guzerá. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.35, n.9, p.1843-1851, set. 2000.
- PADILLA ÁLVAREZ, F.; HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, R.; REYES LÓPEZ, J.; PUERTA, F.; FLORES SERRANO, J.M.; BUSTOS, Y M. Estudio morfológico de las abejas melíferas del archipiélago canario (gran canaria, tenerife, la palma, gomera). **Arch. Zootec**, v. 47, p. 451-454, 1998.
- PADILLA ÁLVAREZ, F.; SERENO DE S. F.T.P. Estudio de la diversidad morfológica existente em las abejas melíferas (*apis mellifera* l.) del sur de europa y del continente sudamericano. **Arch. Zootec**. V. 54, p. 221-226, 2005.
- PAZ, C.C.P.; PACKER, I.U. FREITAS, A.R.; TAMBASCO-TALHARI, D.; REGITANO,L.C.A.; ALENCAR,M.M.;CRUZ,G.M. Ajuste de Modelos Não-Lineares em Estudos de Associação entre Polimorfismos Genéticos e Crescimento em Bovinos de Corte. **R. Bras. Zootec.**, v.33, n.6, p.1416-1425, 2004.
- RAMALHO M.; IMPERATRIZ-FONSCA, V. L.; RK LEINERT-GIOVANNINI, A. **Ecologia nutricional de abelhas sociais**. In: **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. PANIZZU, A.R.; PARRA, J.R.P.1991. ed. São Paulo: Manole,1991.350p.
- RODRIGUES, M.L. **Curva de crescimento média e efeitos dos níveis de energia e relação energia/proteína sobre o desempenho e fecundidade da rã touro**. 2005. 87f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.
- RODRIGUES, M.L.; LIMA, S.L.; MOURA, O.M.; AGOSTINHO, C.A.; SILVA, J.H.V.; CRUZ, G.R.B.; CAMPOS, V.M.; CASALI, A.P.; MENDES, R.R.B.; ALBUQUERQUE, A.G. Curva de crescimento em rã-touro na fase de recria. **Arch. Zootec**. V.56 (214): p.125-136. 2007.
- SARMENTO, J.L.R.; REGAZZI, A.J. SOUSA, W.H. TORRES, R.A.; BREDAS, F.C. MENEZES, G.R.O. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.2, p.435-442, 2006.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Exportações de mel duplicam em 2008 com preço recorde**.

Disponível em: < <http://www.sebrae.com.br/setor/apicultura/sobre-apicultura/mercado/exportacoes> > . Acesso em: 09 de fevereiro de 2009.

SILVA, N.A.M.; MUNIZ, J.A.; SILVA, F.F.; AQUINO, L.H.; GONÇALVES, T.M. Aplicação do método bayesiano na estimação de curva de crescimento em animais da raça nelore. **Revista Ceres**, v.54 (312), p.191-198, mar/abr, 2007.

SILVEIRA, F.A., G.A.R. MELO.; E.A.B. ALMEIDA. **Abelhas brasileiras: Sistemática e identificação**. Edição dos autores, Belo Horizonte, 253p. 2002.

SOUZA, D.N. **Modelos matemáticos aplicados ao crescimento e produção de mel em colméias de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) no cariri paraibano**. 2008. 125f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

WIESE, H. **Apicultura**. 2. ed, Guaíba: Agrolivros, 378p. 2005.

WINSTON, M.L. **A biologia da abelha**, Porto alegre: Magister, 276p. 2003

CAPÍTULO II

**Aplicação de Curvas de Crescimento e Produção de mel de *Apis mellifera* L.
(Hymenoptera, Apidae) utilizando-se Modelos Matemáticos no Agreste Paraibano**

CAPÍTULO II

Aplicação de Curvas de Crescimento e Produção de mel de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) utilizando-se Modelos Matemáticos no Agreste Paraibano

RESUMO - A utilização de modelos matemáticos pode contribuir para o melhor entendimento do sistema de produção, pois o conhecimento da forma da curva e suas implicações sobre o crescimento do ninho e produção de mel, podem auxiliar na estimativa de crescimento e produtividade máxima em determinado período de tempo e também, na tomada de decisões quanto ao manejo. Objetivou-se avaliar o crescimento dos ninhos e a curva de produção de mel em *Apis mellifera* através de modelos matemáticos que melhor estimem o crescimento das colônias e a produção de mel, nas condições do Agreste Paraibano, contribuindo para planejamento de manejo produtivo. Os dados foram tomados quinzenalmente com a pesagem de ninhos e melgueiras de 12 colméias instaladas no apiário da Estação Experimental do Instituto Nacional do Sêmi-Árido (INSA), na fazenda Lagoa Bonita/LUCAS, localizada no município de Campina Grande. A estimativa dos parâmetros foi feita por meio de regressões não-lineares, pelo procedimento NLIN do Programa SAS (Statistical Analysis System), utilizando-se o método modificado de Grauss-Newton. Para a escolha do melhor modelo, utilizou-se número de iterações, o coeficiente de determinação ajustado e o gráfico de distribuição de resíduo. Entre os modelos avaliados, os que apresentaram melhores ajustes para a estimativa de crescimento da colônia e produção de mel nas condições do Agreste Paraibano, foram a Quadrática-Logarítmica e a Quadrática.

Palavras-Chave: Apicultura, Curvas de crescimento, Funções matemáticas, Produtividade de mel

Application of growth curves and *Apis mellifera* L. (Hymenoptera Apidae) honey production using mathematical models in the Agreste from Paraíba state

Abstract: The use of mathematical models may contribute to a better understanding of the production system, because the knowledge of the curve shape and its implications on the nest growth and honey production may help in the growth estimate and maximum productivity in determined time period and also, in the decisions making regarding management. This study aims to evaluate the nests growth and the honey production curve in *Apis mellifera* through mathematical models which estimate better the colonies growth and the honey production in the conditions of the Agreste from Paraíba state, contributing to the planning of productive management. Data were taken fortnightly with the nests and honey containers weighing from 12 installed hives in the Apiarian from (INSA), on the farm Lagoa Bonita/LUCAS, located at Campina Grande city. The parameters estimate was made through not-linear regression, by NLIN procedure from SAS program (Statistical Analysis System), using the modified method Gauss-Newton. To choose the best model, It was used the interaction number, the coefficient of adjusted determination and the residues distribution graphic. Among the evaluated models, those which had better adjustments the estimate of the colonies growth and honey production in the conditions of the Agreste from Paraíba state were the quadratic-logarithmic and the quadratic.

Key words: Apiculture, growth curves, mathematical functions, honey productivity.

1. Introdução

A apicultura brasileira vem se destacando ao longo do tempo por apresentar condições favoráveis que aumentam a competitividade com outros países. Segundo Perez et al. (2004) o Brasil possui potencial para obtenção de grandes quantidades de produtos apícolas, o que o diferencia dos demais países que, normalmente, colhem esses produtos uma única vez por ano. Entre as vantagens competitivas da apicultura brasileira estão as condições climáticas favoráveis na maior parte do território nacional.

A criação racional de abelhas constitui-se uma atividade em que se consegue obter bons resultados econômicos, ecológicos e sociais. Essa atividade, desenvolvida ao longo do tempo por pequenos e médios produtores, vem despertando o interesse de muitos criadores e instituições do Brasil (EVANGELISTA-RODRIGUES et al., 2005). Para Queiroz et al. (2001) no Nordeste brasileiro, as condições de ambiente quanto à diversidade florística, determinada principalmente pelas plantas nativas, o clima tropical e a ausência de defensivos agrícolas propiciam a exploração de mel e outras atividades apícolas. Por ser capaz de aproveitar a mão-de-obra familiar, gerar renda e fixar o homem no campo, aproveitando o potencial da vegetação da caatinga no semi-árido, a apicultura é uma atividade crescente no Nordeste do Brasil (PEREIRA et al., 2007).

A cobertura vegetal do semi-árido é a caatinga, no período chuvoso ela fica verde e florida e abriga uma das maiores biodiversidades brasileiras de insetos inclusive de abelhas, o que a torna muito favorável para a produção de mel (MALVEZZI, 2007). No entanto apesar da diversidade da flora apícola e da alta concentração de recursos alimentares existente no período chuvoso do Nordeste brasileiro, durante a estação seca, ocorre uma escassez de recursos alimentares para as abelhas. Dessa forma, a produção de mel da safra seguinte fica comprometida, na dependência de uma nova coleta de

enxame, que necessitará se fortalecer e se desenvolver para iniciar a produção (PEREIRA et al., 2006).

A utilização de modelos matemáticos para o estudo de níveis de produção e de crescimento em animais domésticos é uma prática que pode auxiliar na escolha do melhor método de exploração de determinada espécie zootécnica (RODRIGUES et al., 2007). De acordo com Garnero et al. (2005) em estudos sobre curva de crescimento, as pesagens são usadas para descrever a curva e seus parâmetros são estimados com a finalidade de usá-los como critérios de seleção.

Para as espécies de abelhas as curvas representam o crescimento das colônias separadamente, indicando melhores colônias para manejo e seleção de rainhas e no estudo da produção de mel, neste caso utiliza-se modelos matemáticos aplicados à lactação de vacas, pois é o que melhor condiz para explicar o fenômeno, haja visto que a produção de mel pelas abelhas apresentam oscilações no transcorrer do tempo, diferindo assim das características apresentadas no crescimento animal (curva sigmóide) (SOUZA, 2008). Neste intuito, a utilização de modelos matemáticos contribui com o entendimento da produtividade da região estudada, pois a curva de crescimento e produção das abelhas auxilia nas intervenções do manejo com medidas adequadas em épocas críticas evitando a morte e a falta de produção das colônias. Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar modelos matemáticos que melhor descrevessem o crescimento do ninho e a curva de produção de mel em *Apis mellifera*, nas condições do Agreste Paraibano.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no apiário da Estação Experimental do Instituto Nacional do Semi-Árido (INSA), na fazenda Lagoa Bonita/LUCAS, localizada no município de Campina Grande-PB, durante o período de 12 de junho a 11 de dezembro de 2008. A Estação Experimental do Instituto Nacional do Semi-Árido localiza-se a cerca de 16 Km da cidade de Campina Grande, localizada no interior do estado da Paraíba, no Agreste Paraibano, na parte oriental do Planalto da Borborema, a uma altitude média de 547,56 metros, com Latitude de -7,22° e Longitude de -35,88°. Por situar-se no Agreste Paraibano, entre o Litoral e o Sertão, possui um clima menos árido do que o predominante no interior do estado (clima equatorial semi-árido). Além disso, a altitude de 547,56 metros garante temperaturas mais amenas durante todo o ano. As temperaturas máximas e mínimas são, respectivamente, de 33 °C e 23 °C nos dias mais quentes de verão e 28 °C e 15 °C em dias de inverno, com umidade relativa do ar entre 75 a 82 % (INMET, 2009). A paisagem florística é bastante diversificada, apresentando formações de palmáceas, cactáceas em geral, legumináceas e bromeliáceas, além de rarefeitas associações de marmeleiros, juazeiros, umbuzeiros, algarobas, entre outros. Na unidade experimental, utilizou-se 12 colônias de *Apis mellifera* nidificadas em caixas modelo Langstroth com população adulta e área de cria semelhante, respeitando o desenvolvimento natural, oriundas de enxames silvestres capturados na Estação Experimental.

2.1. Paisagem do Ninho de *Apis mellifera*

No início do experimento, todas as caixas vazias foram numeradas, pesadas e padronizadas para melhor identificação, e o peso individual das caixas vazias serviram como tara de cada ninho para se obter o peso de desenvolvimento.

As pesagens dos ninhos que estimaram o desenvolvimento das colônias foram realizadas quinzenalmente diretamente no campo, sempre no mesmo dia da semana e no período da manhã, às 5:00 horas, procurando obter o peso real do ninho, antes da saída das abelhas para o pastejo. Utilizou-se balança eletrônica com bateria para carga máxima de 30 kg. Os dados das pesagens foram anotados para edição de um banco de dados com o número de colméias, número da pesagem, data de pesagem e dados de desenvolvimento.

2.2. Pesagem das Melgueiras de *Apis mellifera*

As pesagens das melgueiras que estimaram a produção de mel das colônias, assim como os ninhos foram realizadas quinzenalmente diretamente no campo, sempre no mesmo dia da semana e no período da manhã, as 5:00 horas, procurando obter o peso real, porque neste horário era possível uma melhor manipulação das melgueiras. Utilizou-se balança eletrônica com bateria para carga máxima de 30 kg para as pesagens.

Para se determinar a tara da melgueira para posterior cálculo do efetivo desenvolvimento da produção de mel, uma melgueira vazia, juntamente com seus quadros, foram pesados e referenciados como tara, já que no início do experimento as melgueiras encontravam-se com mel. Os dados das pesagens foram anotados para edição de um banco de dados com o número de colméias, número da pesagem, data de pesagem e dados de desenvolvimento.

2. 3. Funções utilizadas para o ajuste

Seguindo a metodologia de Souza (2008) os dados médios das pesagens quinzenais das unidades experimentais foram tabulados para a aplicação das funções matemáticas, (Tabela 1).

Tabela 1 – Modelos matemáticos utilizados para descreverem o desenvolvimento e a produção de colméias de *Apis mellifera* nidificadas em colméias Langstroth no município de Campina Grande-PB

Modelo	Função	Referência
Brody	$y = a (1 - Be^{-kt})$	Brody, 1945.
Linear	$y = a_0 + a_1x$	Bianchini Sobrinho, 1984.
Quadrático	$y = a_0 + a_1x + a_2x^2$	Dave, 1971.
Quadrática - Logarítmica	$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3 \ln x$	Bianchini Sobrinho, 1984.
Gompertz	$y = ae^{-eb - c}$	Daniel e Woods, 1980.
Bertalanffy	$y = a (1 - Be^{-kt})^3$	Bertalanffy, 1957.
Richards	$y = a (1 - Be^{-kt})^M$	Richards, 1959.

Para estas funções, y representa o crescimento e produção de *Apis mellifera* (kg); a_0 , a_1 , a_2 e a_3 são parâmetros da curva a serem estimados, x é o número de dias das pesagens, t é o tempo ou idade do animal em dias a partir do nascimento, B é o parâmetro escala ou constante de integração, e é o erro aleatório, k é a taxa de crescimento, precocidade ou maturidade, M é o parâmetro de inflexão da curva. Os parâmetros das funções foram estimados através de técnicas não-lineares, usando-se o método modificado de Grauss-Newton disponível no PROC NLIN (SAS, 1999-2001).

2. 4. Critérios estatísticos usados para escolha da melhor função

2. 4.1. Coeficiente de determinação ajustado

Segundo Ribeiro (1997), quando se compara um modelo com diferentes números de parâmetros, é adequado utilizar o coeficiente de determinação ajustado ao número de parâmetros de cada modelo, para que estes sejam comparados em iguais condições.

De acordo com Draper e Smith (1981) a equação utilizada é:

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

Em que:

R_a^2 = coeficiente de determinação ajustado;

p = número de parâmetros do modelo;

n = número de observações;

R^2 = coeficiente de determinação.

$$R^2 = \frac{\text{Soma dos quadrados de regressão corrigidos}}{\text{Soma de quadrados total corrigido}}$$

2. 4. 2. Gráfico de distribuição dos resíduos

Para mostrar a qualidade do ajuste proporcionado para cada função, foi utilizado um gráfico de distribuição de resíduos que mostra a dispersão destes em função do tempo. Se os resíduos apresentarem-se distribuídos aleatoriamente em relação a variável classificatória t , é indicativo de bom ajuste. Caso estes se apresentem-se em blocos de valores positivos ou negativos, é indicativo de auto-correlação residual positiva ou negativa, o que indica que ocorreu ajuste não satisfatório.

2. 4. 3. Desvios entre as pesagens observadas e estimadas do Ninho

Os desvios entre os pesos de ninhos observados e estimados pelos modelos foram utilizados como parâmetro de escolha do modelo. Os pesos totais estimados pelas funções foram obtidos pela somatória dos pesos estimados em cada dia da pesagem. Assim, os desvios são dados por:

$$Desvio (\%) = \frac{(PN - PNE) \times 100}{PN}$$

Em que:

Desvio (%) = porcentagem do desvio;

PN = peso do ninho observado;

PNE = peso do ninho estimado;

2. 4. 4. Desvios entre as produções de mel observadas e estimadas

Os desvios entre os pesos da produção de mel observados e estimados pelos modelos foram utilizados como parâmetro de escolha do modelo. Os pesos totais estimados pelas funções foram obtidos pela somatória dos pesos estimados em cada dia da pesagem, assim, os desvios são dados por:

$$Desvio (\%) = \frac{(PP - PPE) \times 100}{PP}$$

Em que:

Desvio (%) = porcentagem do desvio;

PP = peso da produção de mel observado;

PME = peso da produção de mel estimado;

2. 4. 4. Número de iterações

O número de iterações foi obtido através do procedimento para ajuste de modelo não-linear do SAS, o qual demonstra o grau de dificuldade computacional para o ajuste dos modelos utilizados, o que representou a facilidade ou dificuldade na convergência dos dados.

3. Resultados e Discussão

3.1. Crescimento do Ninho das Colméias de *Apis mellifera*

Os valores de peso médio dos ninhos (Kg) de abelhas *Apis mellifera* no período experimental no Agreste Paraibano estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Peso médio dos ninhos (kg) de abelhas *Apis mellifera* nidificadas em colméias Langstroth no Apiário instalado no INSA no município de Campina Grande–PB, no período de Junho a dezembro, 2008

Colméias	Peso médio (Kg)
1	7,49
2	8,22
3	8,32
4	8,41
5	11,46
6	8,87
7	8,63
8	9,38
9	9,34
10	10,39
11	12,02
12	9,44
\bar{X}	9,33

No período experimental, a média de crescimento das colônias foi de 9,33 Kg. A curva média de crescimento do ninho está representada na Figura 1.

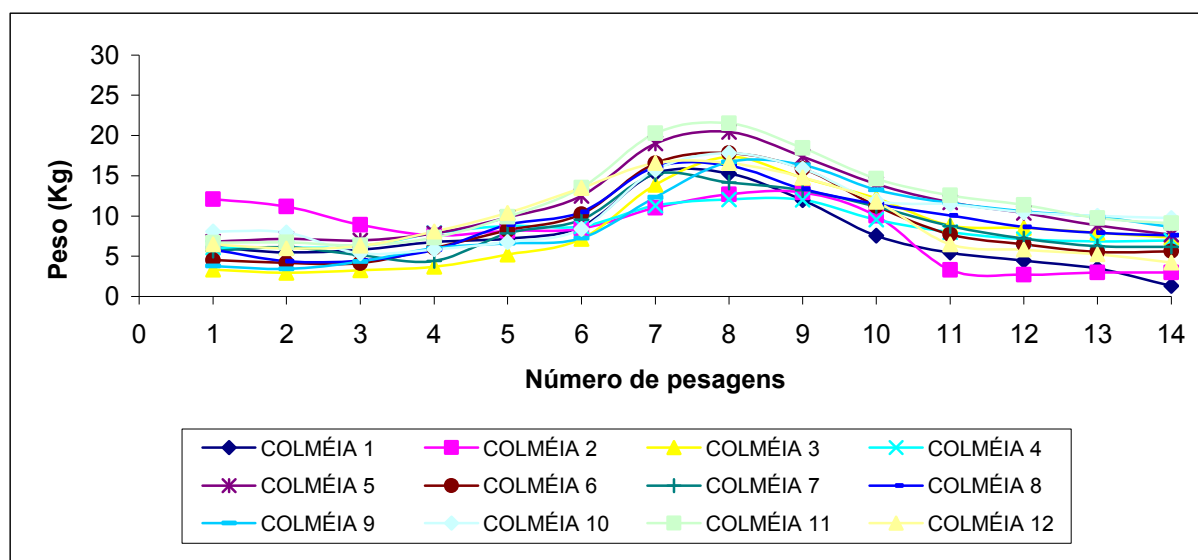


Figura 1 Curva média de crescimento dos ninhos observada para as doze colônias de *Apis mellifera* nidificadas em caixas Langstroth instaladas no Apiário do INSA no município de Campina Grande-PB, no período de Junho a dezembro de 2008.

Pode-se observar na Figura 1, que de modo geral, houve pouca flutuação entre as colônias, demonstrando similaridade entre si, provavelmente pelas respostas às influências ambientais, que foram semelhantes no apiário. De acordo com Souza (2008) as populações de insetos não são constantes, pois apresentam crescimento quando o ambiente é favorável e decrescem quando sobrepõem os fatores desfavoráveis. Portanto, em um determinado espaço de tempo as populações flutuam na dependência dos fatores ambientais, alimento e água (temperatura, umidade, luminosidade, correntes de vento e pressão atmosférica) conforme o local e a movimentação dos indivíduos na própria área ou de uma área para outra, neste sentido as médias de pesagens variaram de 7,49 na colméia 1 a 12,02 na colméia 11. O sucesso na colméia 11 pode ter resultado da

qualidade da rainha, que proporcionou aumento da colônia. Uma boa rainha caracteriza-se por apresentar uma postura com padrão contínuo, e também é responsável pela harmonia reinante entre as suas filhas através do feromônio. Com isso as operárias apresentam ritmo de trabalho contínuo fortalecendo a colônia (NOGUEIRA-COUTO e COUTO, 2002).

Os valores das pesagens que ocorreram no período de junho ao final de julho 1^a e 4^a pesagens (Figura 1) apresentaram decréscimo na população de algumas colônias, o declínio de algumas colônias pode ter ocorrido em função da adaptação das mesmas ao início do experimento. Isto pode ser explicado porque o início do experimento ocorreu no período chuvoso, época em que o controle de temperatura pelas abelhas é feito de forma mais intensa, por ser acompanhado de baixas temperaturas. De acordo com a tomada de dados, observou-se que neste período houve uma variação de temperatura com mínima de 13°C e máxima de 28°C, com precipitação média de chuvas no mês de junho de 47,5 mm e julho de 96,2 mm (Tabela 6-apêndice). Nas colméias restantes do experimento observou-se estabilidade no crescimento, provavelmente devido ao período de chuvas intensas, uma vez que a intensidade das chuvas diminui o forrageamento das abelhas, suspendendo a produção com conseqüente consumo das reservas de alimento da colméia, reduzindo a postura e intensificando a termorregulação, concordando com Teixeira et al (2005) ao citar que por serem organismos relativamente pequenos, sua relação superfície/volume é alta e a troca de calor com o ambiente é grande, por isso são bastante dependentes destes fatores, pois a temperatura é um fator determinante para que as abelhas exerçam suas funções de forma ideal.

A estabilidade inicial das abelhas neste experimento pode ser comparada com Lara, (1992) afirmando que os fatores climáticos no período de chuvas mudam totalmente a rotina na colônia. A umidade apresenta nos insetos certa influência e certas

preferências, de modo a evitar o excesso de chuvas ou uma estação seca (ausência de chuvas). Apresenta-se na forma de precipitação, tendo ação direta e, indiretamente, através da umidade do ar e do solo, principalmente no período chuvoso. A luz é responsável pela periodicidade de vôo dos insetos e o vento atua na modificação da temperatura e precipitação, no entanto ventos muito fortes e com velocidades muito altas como no inverno chuvoso, o inseto não voa, e permanece abrigado. Com isso o excesso de chuvas acarreta na falta de postura de uma rainha que implicará a uma colméia o desequilíbrio populacional, com operárias maduras em fase final do ciclo e sem novas operárias para dar continuidade aos trabalhos. Nestes casos, as colônias levaram tempo para se fortalecer com conseqüente atraso na produção, além de ficar mais susceptível a doenças e inimigos naturais.

As colônias apresentaram do início de agosto a início de setembro 5^a e 7^a pesagens um crescimento gradativo (Figura 1). Neste período as chuvas passaram a ser mais esparsas, propiciando um forrageamento mais prolongado das abelhas, coincidindo também com o período de florescimento de algumas plantas melíferas na região como a algaroba (*Prosopis juliflora* DC) que apresenta duas florações anuais de março a maio e entre agosto e dezembro. As recompensas florais de néctar e pólen tornaram-se abundantes, a temperatura começou a aumentar variando de 15°C (mínima) e 31°C (máxima) e a precipitação média ficou em torno de 52 mm em agosto e 18,2 mm em setembro, tornando desnecessário para as operárias a dedicação intensa na termorregulação (Tabela 6-apêndice).

O experimento na metade de setembro que correspondeu à 8^a pesagem teve o crescimento do ninho chegando ao seu ápice, com uma média de 21,5 kg na colméia 11 (Figura 1). O ponto máximo na curva representa o ponto de inflexão, que define o momento que inicia o decréscimo da curva, este fato coincidiu com o ponto de maior

produção de mel, detectado pelo peso das melgueiras, o que ocasionou acréscimo de sobrecaixas, verificou-se também neste período a ameaça de enxameação e intensa agressividade, comprovando o fortalecimento da colônia. Do início de outubro 9ª pesagem até dezembro 14ª pesagem (Figura 1) as curvas apresentaram declínio do crescimento das colônias, e este fato pode estar relacionado à retirada de mel das melgueiras, aliado ao período de estiagem, em que foi observada uma precipitação média de 0,06 mm e temperaturas variando de 19°C (mínima) e 35°C (máxima) no mês de outubro e nenhum registro de precipitação nos meses de novembro e dezembro nas quais a elevação da temperatura variou de 20 °C (mínima) e 37°C (máxima) (Tabela 6-apêndice). No semi-árido a falta de chuvas é acompanhada de processos de adaptação morfofisiológicos das plantas que diminuem ou cessam a oferta de pólen e néctar.

As abelhas, tanto no período de estiagem como no período chuvoso, buscando um equilíbrio na colônia, diminuindo as posturas pelas rainhas e eliminando parte dos zangões na tentativa de sobrevivência em ambiente adverso. Sendo assim, pode-se inferir pela curva que o período de outubro a dezembro no Agreste Paraibano foi o período que requer um manejo para a suplementação alimentar visando à manutenção das colônias consideradas fortes aguardarem um próximo período de oferta de alimentação natural. Isto se torna fundamental, uma vez que o apicultor estará mantendo o seu plantel de colônias para que, após as primeiras chuvas, estas famílias estejam equilibradas para aproveitarem todo o potencial da caatinga para a produção de mel e crescimento das colônias. Na Tabela 3, estão apresentados às médias dos parâmetros estimados, erro padrão, interações e coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) para todos os modelos estudados.

Tabela 3— Médias dos parâmetros estimados, erro padrão, iterações e coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) para cada modelo utilizado para as colméias de *Apis mellifera* em Campina Grande–PB, no período de junho a dezembro, 2008

Modelos	Parâmetros	Média	Erro	Iterações	R_a^2 (%)
Linear	a_0	8.1375	0.6147	1	83,52%
	a_1	0.0262	0.0115		
Quadrático	a_0	3.0249	0.6521	1	90,62%
	a_1	0.3853	0.0333		
	a_2	-0.00393	0.000351		
Quadrática - Logarítmica	a_0	5.9385	0.8030	1	92,07%
	a_1	0.7181	0.0681		
	a_2	-0.00624	0.000532		
	a_3	-3.3508	0.6119		
Brody	a	10.5810	0.5210	19	85,79%
	b	6.2007	1.1427		
	k	0.0607	0.0255		
Bertalanffy	a	10.5809	0.5210	19	85,79%
	b	0.5860	0.1063		
	k	0.0202	0.00851		
Gompertz	a	10.6420	0.4826	22	85,99%
	b	0.9180	0.2320		
	k	0.0729	0.0269		
Richards	a	10.5810	0.5210	19	85,79%
	b	0.5860	0.1063		
	k	0.0607	0.0255		
	m	1.0000	.		

Os modelos apresentam parâmetros diferenciados, o que torna necessário adaptações para o estudo da apicultura. O coeficiente de determinação ajustado e a iteração são os primeiros parâmetros a serem avaliados na escolha de um modelo. As iterações, neste trabalho, variaram de 1 a 22 (Tabela 3), e se apenas este parâmetro fosse avaliado nos remeteriam à escolha dos modelos Linear, Quadrático e Quadrática-Logarítmica, pois quanto menor o valor das iterações menor a dificuldade computacional no ajuste dos dados. A convergência mais rápida irá sempre indicar um modelo com comportamento próximo ao linear, já a convergência lenta pode significar que as estimativas são tendenciosas e não apresentam distribuição normal (SILVA et al., 2002).

O R_a^2 indica o quanto da variação total foi explicada pelo modelo de regressão e elevados valores de R_a^2 indicam bons ajustes (CRUZ, 2007). Geralmente os valores de R_a^2 que são encontrados na literatura são próximos a 100%, mas para curvas estudadas para a apicultura, Souza (2008), afirma que os baixos valores médios dos pesos e o grande número de pesagens contribuíram para os baixos valores R_a^2 , porém estabeleceu-se o maior valor obtido como o melhor nas condições estudadas em *A. mellifera*. Neste trabalho, para o coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) a menor variação foi de 83,52% para a função Linear e 92,07% para a função Quadrática - Logarítmica. As funções Quadrática, Brody, Gompertz, Bertalanffy, Richards, apresentaram os coeficiente de variação ajustado 90,62%, 85,79%, 85,99%, 85,79%, 85,79% respectivamente (Tabela 3).

Os modelos estudados para o crescimento dos ninhos de *Apis mellifera* são apresentados a seguir.

O Modelo Quadrática-Logarítmica apresentou boa representação dos dados e estatisticamente, mostrou realidade e aproximação entre os pontos da reta estimada e observada, além de entre todos os outros terem maior dispersão do resíduo, que é um ponto favorável em um modelo (Tabela 7-apêndice e Figura 2). Estes modelos também apresentaram excelente valor de interação (1) e o maior coeficiente de determinação ajustado (92,07%) (Tabela 3).

Biologicamente estimaram muito bem a realidade, pois apesar de subestimar a 2ª pesagem, possibilitam medidas preventivas e ações para este período de chuvas onde as colônias precisam de intervenção para o seu fortalecimento. A partir da segunda pesagem, aos 30 dias, a curva superestimou a realidade, no entanto este fato não prejudicou o entendimento e as ações porque foi acompanhado de um crescimento real apesar de menor, favorecendo a produção. Aproximadamente dos 80 aos 130 dias de

experimento que correspondeu à 6ª e 9ª pesagens ocorreu pontos na reta em que os valores observados e estimados se interceptaram coincidindo com o maior desenvolvimento da colônia e maior produção de mel (Figura 1).

Aos 130 dias que correspondeu à 9ª pesagem no mês de outubro, a reta superestimou o ponto mais importante, onde ocorreu o declínio do crescimento, ou seja, a queda brusca da reta coincidiu com a retirada do mel das melgueiras aliado ao período de estiagem. No entanto, a resposta da curva não prejudicou o manejo, pois os declínios observados também estimaram o declínio na reta (Figura 1). Os resultados deste trabalho, também foram semelhantes aos resultados obtidos por Souza (2008) mostrando que o melhor modelo que descreveu o comportamento da curva de crescimento nas condições do Cariri Paraibano foi a Quadrática-Logarítmica, por esta apresentar menor número de iterações, valor elevado de R_a^2 , avaliação gráfica satisfatória da curva média de peso observado e estimado do resíduo, além de interpretabilidade biológica.

Entende-se que as abelhas de mesma espécie em regiões semelhantes, podem apresentar o mesmo modelo matemático para a interpretação dos dados. Este fato nos leva a ter mais um instrumento para ser aplicado aos apiários do Estado, uma vez que, com este instrumento há uma visão geral da criação, com perspectivas do desempenho para ser utilizado junto ao apicultor.

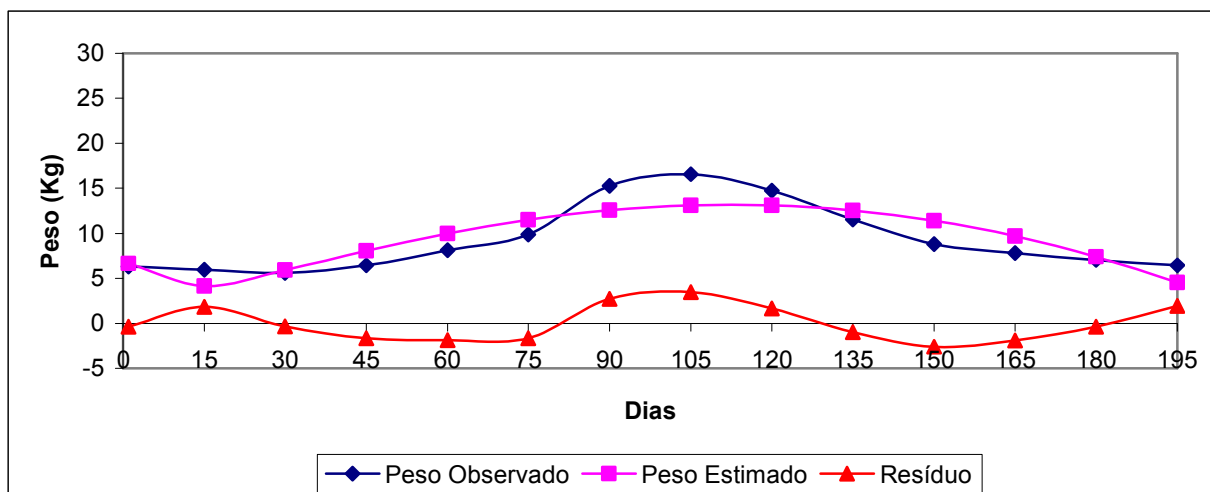


Figura 2. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Quadrática - Logarítmica aplicada em colônias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

Na Tabela 8 (apêndice) estão apresentados os dados de distribuição do crescimento e estimativa do peso do ninho de *Apis mellifera* pelo modelo Quadrático e na Figura 3 as curvas de crescimento estimadas, observada e média do resíduo. O modelo Quadrático assim como a Quadrática-Logarítmica (Figura 2) também se ajusta adequadamente aos dados, pois também apresenta excelente valor de iteração (1), e elevado valor de R_a^2 90,62% (Tabela 3). As curvas apresentam-se semelhantes ao modelo Quadrática-Logarítmica, diferindo pouco entre os meses de experimento. As curvas superestimam o crescimento da colônia e também superestimam o período de declínio do crescimento assim como a Quadrática-Logarítmica. O ponto de maior importância na curva refere-se ao período em que ocorre a estiagem e diminuição das recompensas florais. Assim como em outros ramos da produção animal, a alimentação constitui um dos principais pilares da atividade apícola. De acordo com Lara (1992) o alimento é sem dúvida o mais importante dos fatores que influenciam a distribuição e abundância dos insetos, o afetando alimento afeta vários processos biológicos como longevidade, fecundidade, comportamento e velocidade de desenvolvimento.

Souza (2008) também avaliou o modelo Quadrático no Cariri Paraibano e afirmou que este modelo foi entre os modelos estudados, o que apresentou valor aproximado do peso médio observado e estimado das colméias.

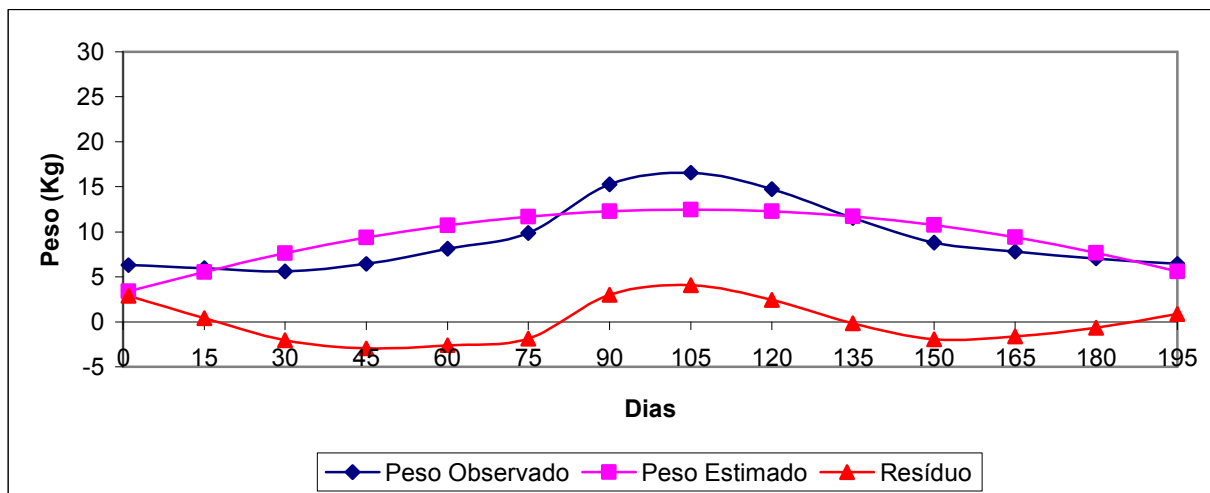


Figura 3. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Quadrático aplicada em colônias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

Nas Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13(apêndice) são apresentados os dados de distribuição do crescimento e estimativa do peso de *Apis mellifera* pelo modelo Linear, Brody, Bertalanffy, Gompertz e Richards, e nas Figuras 4, 5, 6, 7,8 as curvas de crescimento estimadas , observada e a média do resíduo, respectivamente.

O modelo Linear apresentou valor de iteração (1), o que é bastante viável, mas obteve o menor valor de coeficiente de variação R_a^2 (83,52%) (Tabela 3), entre todos os modelos. A curva não apresenta o ajustamento dos dados de *Apis mellifera*, pois tal modelo afirmou que o crescimento do ninho de *Apis mellifera* foi contínuo e sem interrupções ou adversidades, tendendo sempre ao crescimento, desconsiderando o padrão biológico e as condições ambientais externas. Da mesma forma, Souza (2008) cita que em colméias de *Apis mellifera* instaladas no Cariri Paraibano, o modelo linear

superestimou o peso final e inicial, e apresentou menor valor de peso médio e pontos de inflexão subestimados.

Os modelos Brody, Gompertz, Bertalanffy e Richards obtiveram os maiores valores de iterações, variando de 19 a 22, como também apresentaram as maiores dificuldades computacionais de ajustamento e os menores coeficientes de variação R_a^2 85,79%, 85,99%, 85,79%, 85,79% (Tabela 3) além do formato das curvas inadequados para os modelos citados. Estes modelos apresentaram características semelhantes entre si, nos quais desprezaram os aspectos biológicos da colônia apresentando uma continuidade na curva estimada que não condiz com a realidade biológica do inseto.

Rodrigues et al. (2007) estudando curva de crescimento em rã-touro na fase de recria com base no coeficiente de determinação, observou que o modelo Brody apresentou bom ajuste, no entanto também estimou negativamente o peso inicial das rãs.

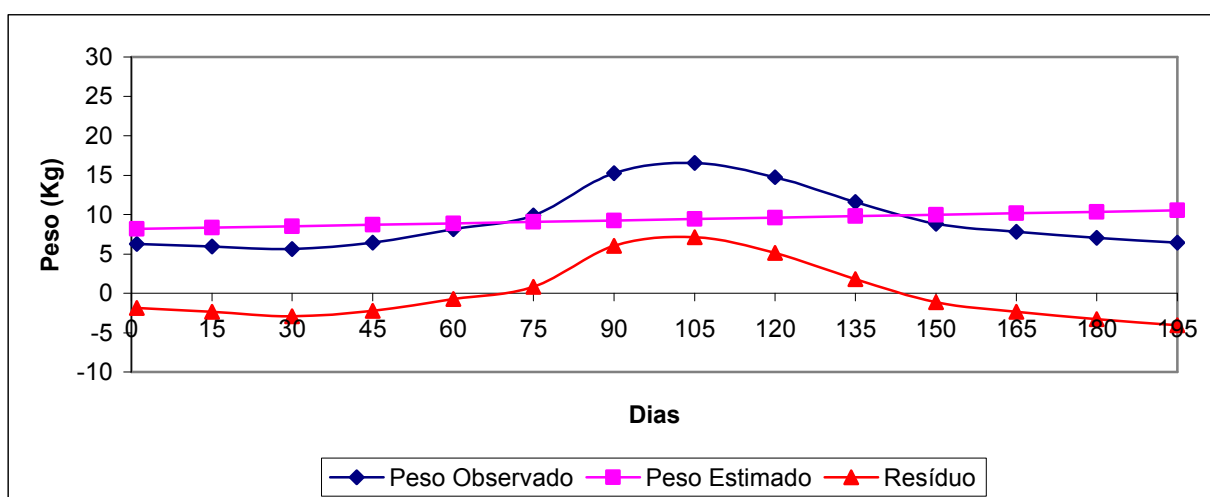


Figura 4. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Linear aplicada em colônias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

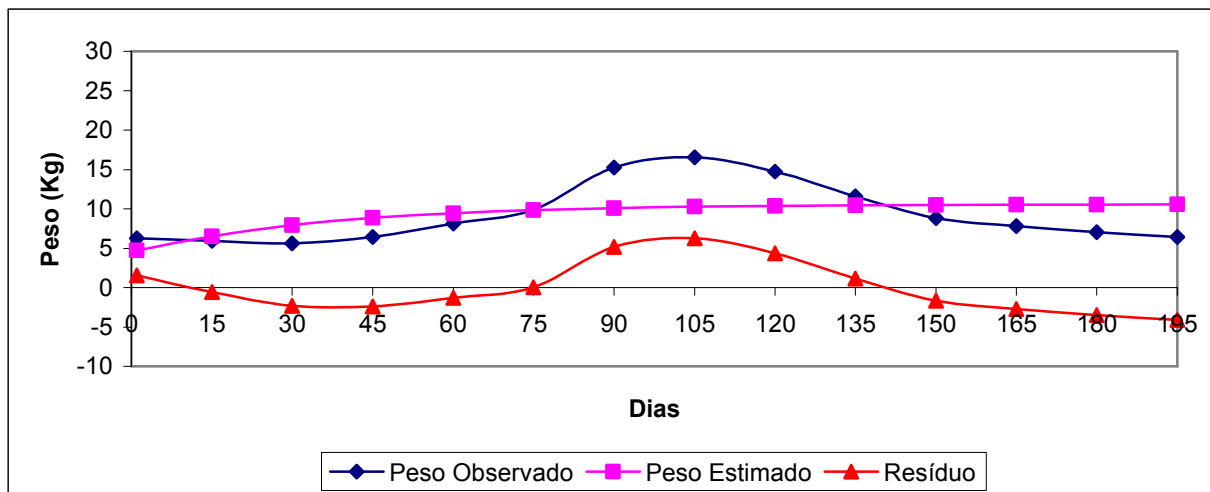


Figura 5. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Brody aplicada em colônias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

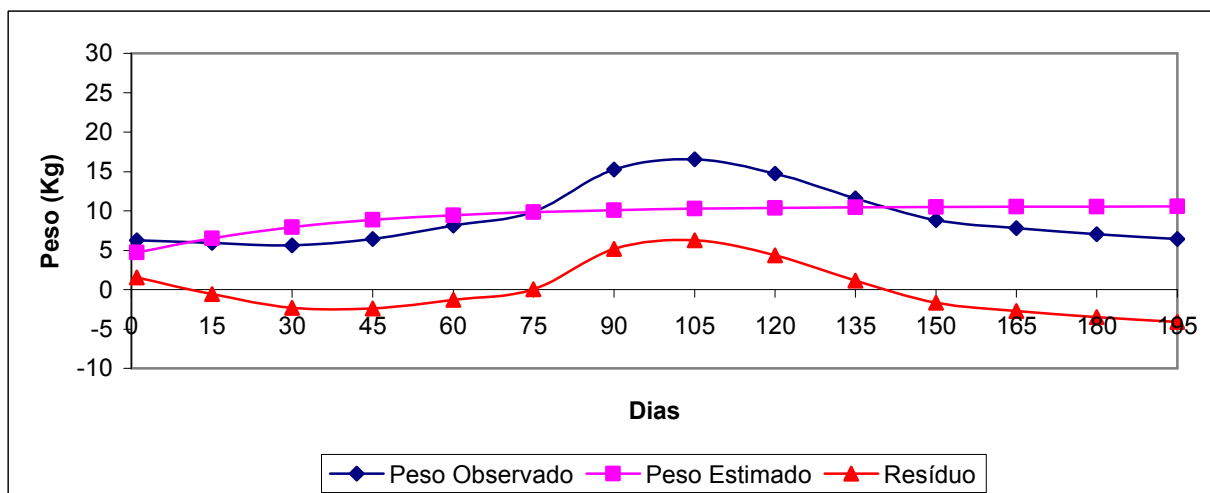


Figura 6. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Bertalanffy aplicada em colônias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

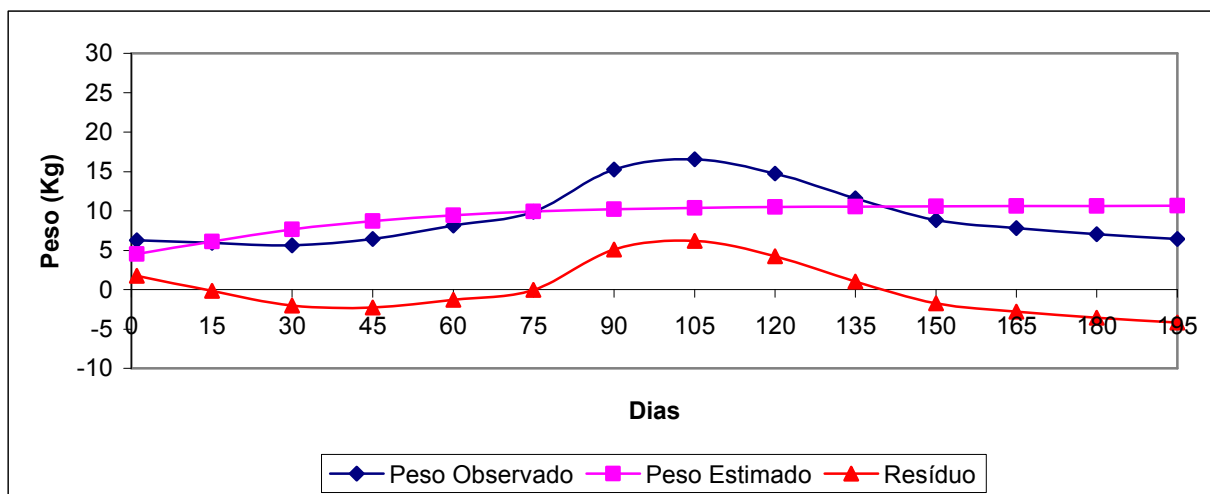


Figura 7. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Gompertz aplicada em colônias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

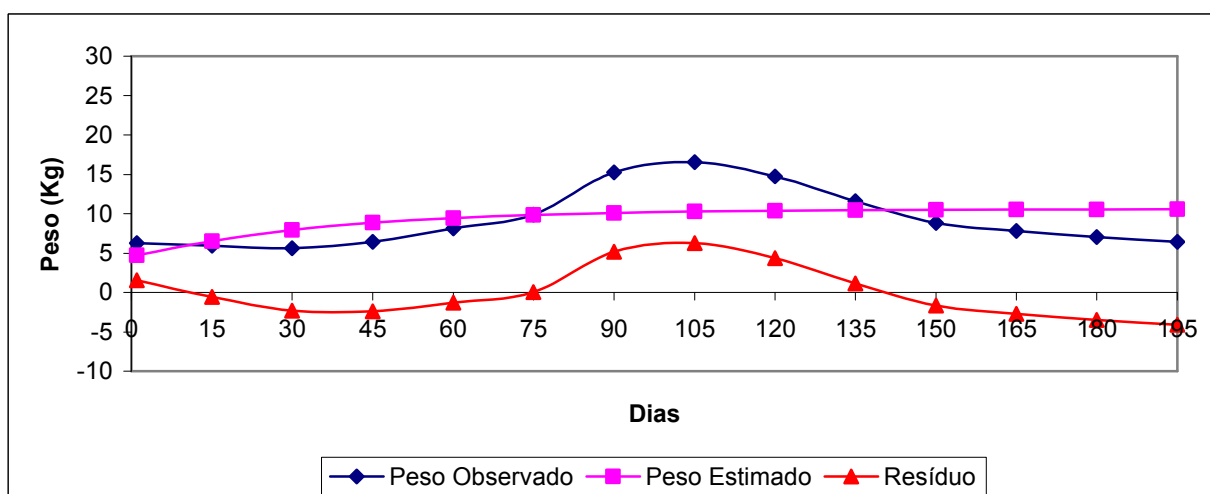


Figura 8. Curva média de crescimento estimada, observada e média do resíduo através do modelo Richards aplicada em colônias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

As curvas Linear, Brody, Bertalanffy, Gompertz e Richards (figura 4, 5, 6, 7 e 8), no período de maior crescimento, aos 105 dias, obteve uma variação de 6,29 Kg a 7,12 Kg (Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13-apêndice) na subestimação do crescimento da colônia, inviáveis para a apicultura sua implementação. Em animais de grande porte as curvas são usadas para obtenção de animais que apresentam altas ou baixas taxas de

maturidade. No entanto, na apicultura as curvas de crescimento do ninho detectam as colméias fortes que possuem um número elevado de posturas e operárias, e prediz também qual a melhor época para intervenção, possibilitando prognósticos futuros sobre o apiário.

3. 2. Crescimento da produção de mel das Colméias *Apis mellifera*

Os valores de peso médio da produção de mel (Kg) de abelhas *Apis mellifera* no período experimental no Agreste Paraibano estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Peso médio da produção de mel (kg) de abelhas *Apis mellifera* nidificadas em colméias Langstroth no Apiário instalado no INSA no município de Campina Grande–PB, no período de junho a dezembro, 2008

Colméias	Peso médio (Kg)
1	5,28
2	3,66
3	0,73
4	3,14
5	7,22
6	6,81
7	5,13
8	2,57
9	4,46
10	5,90
11	8,23
12	2,34
\bar{X}	4,63

Na fase experimental, a média de produção de mel das colônias foi de 4,63 Kg. Em relação ao crescimento das colônias a produção foi afetada tanto no período chuvoso, quanto no período de estiagem (Tabela 6).

As produções de mel das 12 colônias de *Apis mellifera* estão apresentadas na Figura 9. As colméias apresentaram uma pequena variação na produção de mel, seguindo o padrão da curva de crescimento das colônias (Figura 1). Estes resultados já

eram esperados, uma vez que, assim como os animais vertebrados, os insetos também precisam primeiro se fortalecer para em seguida começarem a produção. Algumas colônias apresentaram produção diferenciada entre elas estas mudanças caracterizaram-se principalmente pelas respostas diferentes a fatores externos e adversos em cada colônia.

No início do experimento, notou-se um período de estabilidade na produção de mel de junho ao final do período de julho 1^a e 4^a pesagens (Figura 9), período esse corresponde à chuvas intensas e contínuas dificultando a saída das operárias para forragear e conseqüentemente estabilizando a produção (Tabela 6-apêndices), concordando com Silveira Neto et al, (1976) ao citar que a chuva é uma das formas mais comuns de manifestações climáticas que afetam o comportamento dos insetos, chuvas prolongadas fazem com que os insetos se recolham às habitações impedindo as posturas. No caso das abelhas elas se recolhem na colméia para manter a termorregulação e com isso param não apenas de produzir posturas, mas também mel. Assim a comparação entre as curvas de crescimento do ninho e de produção evidenciaram que o fortalecimento das colônias é imprescindível para o início da produção.

O crescimento da produção de mel começou no início de agosto, esse fato pode ter decorrido, pela diminuição da continuidade das chuvas o que possibilitou as abelhas saírem para forragear. O ponto máximo de produção de mel ocorreu na metade de setembro 8^a pesagem quando foi necessário fazer a extração do mel, evitando-se dessa forma o enxameamento das colônias. No entanto, essa retirada de mel provocou uma queda brusca na curva da 9^a pesagem até a 14^a pesagem, chegando à quase zero, situação que se manteve até o fim do experimento em dezembro. Essa continuidade na queda de produção foi agravada pelo início da estação seca ou estiagem, período em que

as floradas diminuem (Figura 9 e Tabel 6-apêndice). A apicultura, por depender exclusivamente dos recursos naturais, pode sofrer declínio de produção no período de entre safra, ou seja, com redução da florada. As modificações na natureza diminuem e acabam destruindo certas plantas utilizadas pelas abelhas, com isso as colônias tem sua produção diminuída ou até mesmo cessada pela falta de alimento, uma vez que segundo Mussury et al. (2003) a quantidade de indivíduos de algumas famílias de abelhas é influenciada por diversos fatores, como: temperatura, umidade relativa, horas de insolação e concentração de açúcares no néctar das flores, podendo estes fatores influenciar também mudanças nos horários de forrageamento das abelhas assim como a coleta de pólen.

A produção de mel nas colméias das 12 caixas foi de 100,3 litros ou 140,42 Kg, não foi detectada qual a florada predominante, no entanto, a época da colheita possibilitou deduções a respeito da predominância de marmeleiro (*Croton sonderianus*), e, ao longo do período experimental foi detectado a presença de recompensas florais de: Vassourinha de botão (*Spermacoce capitata*-Ruiz e Pav.) Amarra cachorro, branco e lilás (*Jaquemontia asarifolia* L. B. Smith), Marmeleiro (*Croton sonderianus* Mull. Arg.), Malva (*Sida cordifolia* L.), Amor agarradinho (*Antigonon leptopus*), Algaroba (*Prosopis juliflora* D C.) e Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), entre outras. Estas observações coincidiram com as observadas por Silva (2006) e Silva et al. (2008) em que o período de floração varia entre espécies, entre indivíduos da mesma espécie, e entre microrregiões, neste intuito as plantas que floresceram no período de maio a novembro foram provavelmente as que contribuíram na alimentação e/ou manutenção das colméias na mesorregião de Campina Grande.

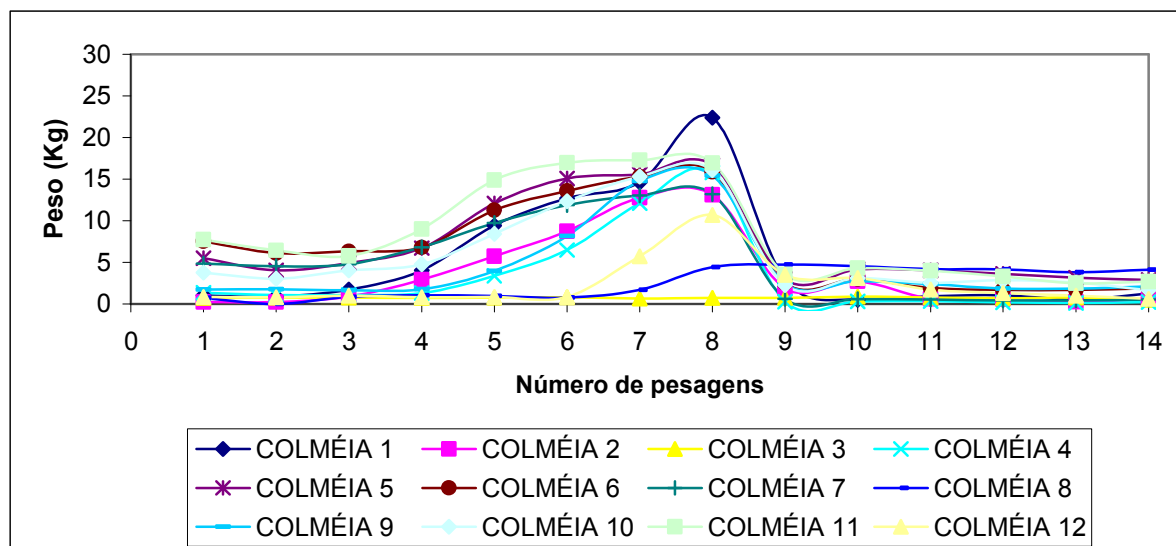


Figura 9 Curva média de produção de mel observada para as 12 colméias de *Apis mellifera* nidificadas em caixas Langstroth instaladas no Apiário do INSA no município de Campina Grande-PB, no período de Junho a Dezembro de 2008.

Na Tabela 5, estão apresentadas as médias dos parâmetros estimados, erro padrão, iterações e coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) para todos os modelos estudados.

Tabela 5—Médias dos parâmetros estimados, erro padrão, iterações e coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) para cada modelo utilizado para produção de mel de *Apis mellifera* em Campina Grande–PB, no período de junho a dezembro, 2008

Modelos	Parâmetros	Média	Erro	Iterações	R_a^2 (%)
Linear	a_0	5.9340	0.7298	1	47,48%
	a_1	-0.0288	0.0136		
Quadrático	a_0	1.4493	0.8976	1	59,84%
	a_1	0.2863	0.0458		
	a_2	-0.00344	0.000483		
Quadrática - Logarítmica	a_0	2.1309	1.1994	1	60,02%
	a_1	0.3641	0.1017		
	a_2	-0.00398	0.000795		
	a_3	-0.7840	0.9140		
Brody	a_0	5.0080	0.4951	22	47,32%
	a_1	3.0764	1.7513		
	a_2	0.1106	0.1299		
Gompertz	a	5.0557	0.4884	27	47,44%
	b	1.0213	0.8103		
	k	0.1253	0.1285		
Richards	a	5.0080	0.4951	21	47,32%
	b	0.6143	0.3472		

	k	0.1106	0.1299		
	m	1.0000	.		
Bertalanffy	a	5.0080	0.4951	23	47,32%
	b	0.6143	0.3472		
	k	0.0369	0.0433		

As iterações para produção de mel variaram de 1 a 27. Foram encontrados, valores abaixo do recomendado, no entanto para o coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) nos modelos Brody, Bertalanffy e Richards 47,32% e 60,02% modelo Quadrática-Logarítmica (Tabela 5), no entanto tais valores ocorrem devido adaptação dos modelos para estudos na produção apícola. Portanto, como já citado anteriormente na produção dos ninhos, os modelos Linear, Quadrático e Quadrática-Logarítmica que apresentaram iteração 1, seriam os pretendidos por apresentarem menor dificuldade computacional no ajuste dos dados.

Na Tabela 14 são apresentados os dados de distribuição da produção de *Apis mellifera* pelo modelo Quadrática-Logarítmica e na Figura 10 as curvas de produção estimada, observada, e média do resíduo através do modelo Quadrática - Logarítmica.

O modelo Quadrática-Logarítmica apresentou boa adequação entre as curvas observadas e estimadas, tendo maior dispersão do resíduo, além de número pequeno de iterações, coeficiente de determinação ajustado com 60,02% foi o melhor entre os modelos estudados (Tabela 5).

A produção de mel no início do experimento foi superestimada até os 60 dias 5ª pesagem de experimento. Em seguida nas pesagens 6ª até a 8ª por volta dos 115 dias ocorreu uma subestimação da produção. No ponto de inflexão da curva que corresponde ao pico de produção, ocorre uma subestimação acentuada, não prejudicando o apicultor, pois a produção não é afetada pela subestimação da curva. A partir da 9ª pesagem,

ocorre uma superestimação acentuada da produção, tal acontecimento é resultado da necessidade de retirada do mel, para evitar o enxameamento da colônia (Figura 10).

No estudo com abelhas é a representação gráfica que demonstra o comportamento biológico interagindo com os fatores climáticos e ambientais. Desta forma, este modelo foi pretendido para melhor descrever a curva de produção de *Apis mellifera* no Agreste Paraibano. Uma vez que na apicultura buscam-se melhores estratégias de manejo para a produção comercial para se determinar a produção de mel de cada colméia, e qual é a sua velocidade de crescimento dentro dos diversos fatores ambientais locais (SOUZA, 2008).

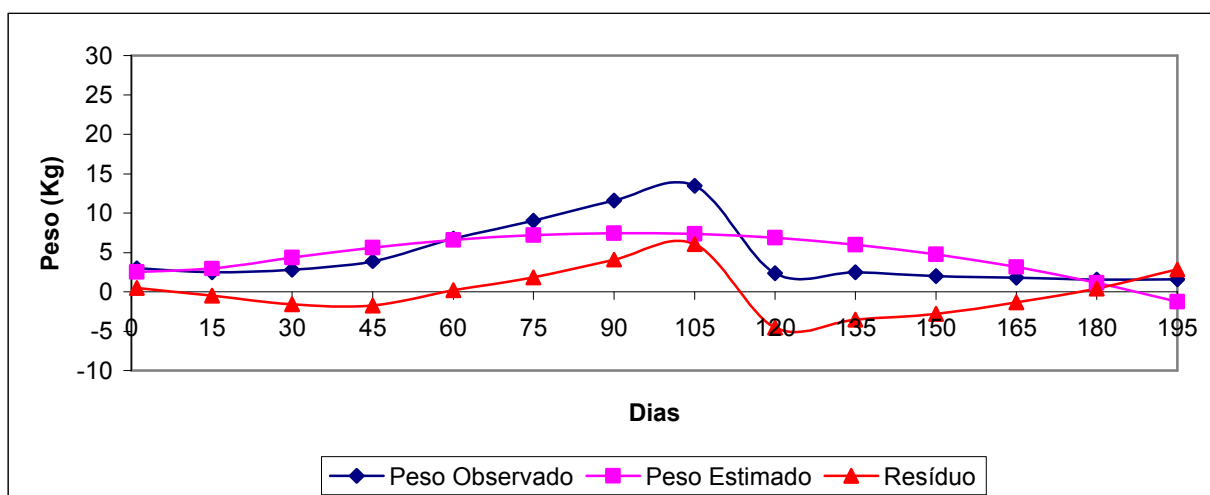


Figura 10. Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Quadrática - Logarítmica aplicada em 12 colméias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

Na Tabela 15 são apresentados os dados de distribuição da produção de *Apis mellifera* pelo modelo Quadrática e na Figura 11 as curvas de produção estimada, observada e média do resíduo através do modelo Quadrático.

O modelo Quadrático (figura 11) apresentou boa iteração e graficamente, assim como no modelo Quadrática - Logarítmica (Figura 10) a curva é subestimada e superestimada em dois pontos importantes da produção. O coeficiente de determinação

ajustado (R_a^2) de 59,84% também apresentou-se elevado quando comparado aos outros modelos, este fato foi relevante, pois o coeficiente de variação ajustado é o parâmetro mais importante além da iteração. Os dados da pesquisa de Souza (2008) no Cariri Paraibano não recomendam este modelo para produção de mel, porque afirma que este modelo subestimou o peso máximo da produção de mel, enquanto que o ponto de inflexão da curva ocorreu com superestimação da produção.

Na produção de mel, assim como, no crescimento da colônia, a determinação de um modelo para estudos comportamentais é de extrema importância porque estima o lucro ou o prejuízo ao apicultor, porque a produção de mel é influenciada pelas condições florais, climáticas, qualidade genética da rainha e manejo do apicultor. Na falta de floradas a suplementação de alimentos resulta em benefícios, pois assegura um desenvolvimento contínuo das colônias em lugares e épocas de escassez de néctar e pólen, além de prepará-las, em ótimo nível de população, para aproveitar melhor o fluxo de néctar, polinizar os cultivos e para o incremento das colônias na produção de rainhas.

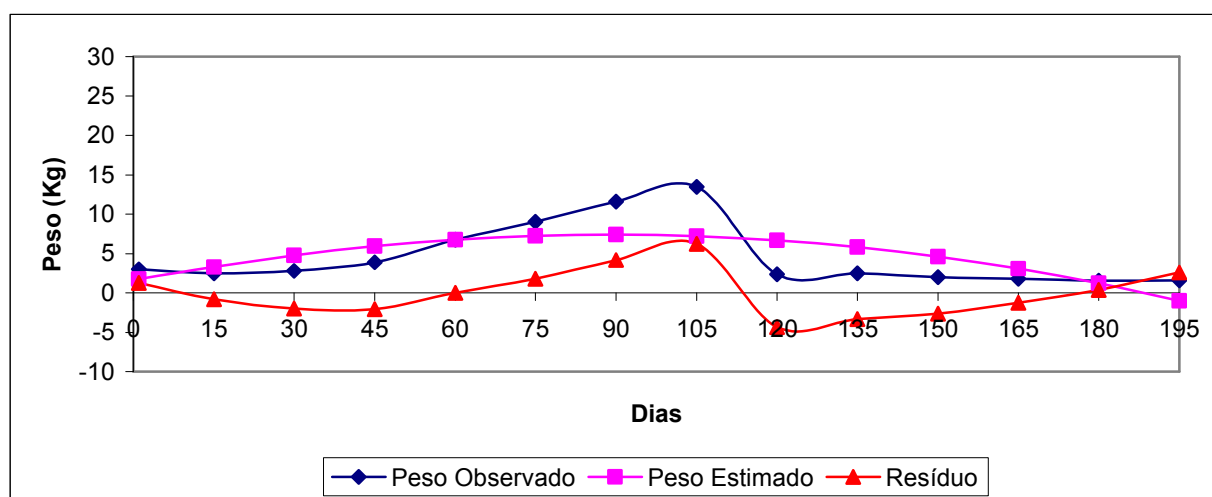


Figura 11. Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Quadrático aplicada em colméias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

Nas Tabelas 16, 17, 18, 19 e 20 são apresentados os dados de distribuição da produção e estimativa do peso da produção de mel de *Apis mellifera* pelo modelo Linear, Brody, Bertalanffy, Gompertz e Richards, e nas Figuras 12, 13, 14, 15 e 16 as curvas de produção estimada, observada, e média do resíduo através do modelo Linear, Brody, Bertalanffy, Gompertz e Richards.

O modelo Linear para o ajuste de dados de *Apis mellifera* no Agreste Paraibano apresentam-se inadequado, pois mostra um crescimento contínuo tendendo a zero, desprezando tanto o declínio quanto o pico de crescimento da produção, desconsiderando o padrão biológico na produção de mel. Os resultados desta pesquisa diferem do estudo de Souza (2008), que no Cariri Paraibano afirma ser o modelo Linear o melhor modelo para produção, pois foi à curva média que melhor ajustou a produção de mel para colméias de *Apis mellifera*, bem como seu comportamento nas condições estudadas, tendo menor número de iterações, melhor valor de R_a^2 , avaliação gráfica satisfatória da curva da média de peso observado e estimado, do resíduo, além de interpretabilidade biológica.

Os modelos Brody, Bertalanffy, Gompertz, Richards, apresentaram os maiores valores de iterações, 22, 23, 27 e 21, respectivamente. Graficamente, a curva destes modelos tornam-se lineares, subestimando o ponto mais importante da avaliação de produção, ou seja o momento de inflexão da curva que representa o período de maior produção de mel, e em seguida superestima o período de estiagem. Os coeficientes de determinação ajustados apresentaram mesmos valores para os modelos Brody, Bertalanffy e Richards de 47,32% indicando uma maior dificuldade computacional destes modelos em relação aos outros modelos estudados, colocando-os como os menos adequados para estimar a produção de mel no Agreste paraibano, pois despreza o período mais crítico das colônias (tabela 5).

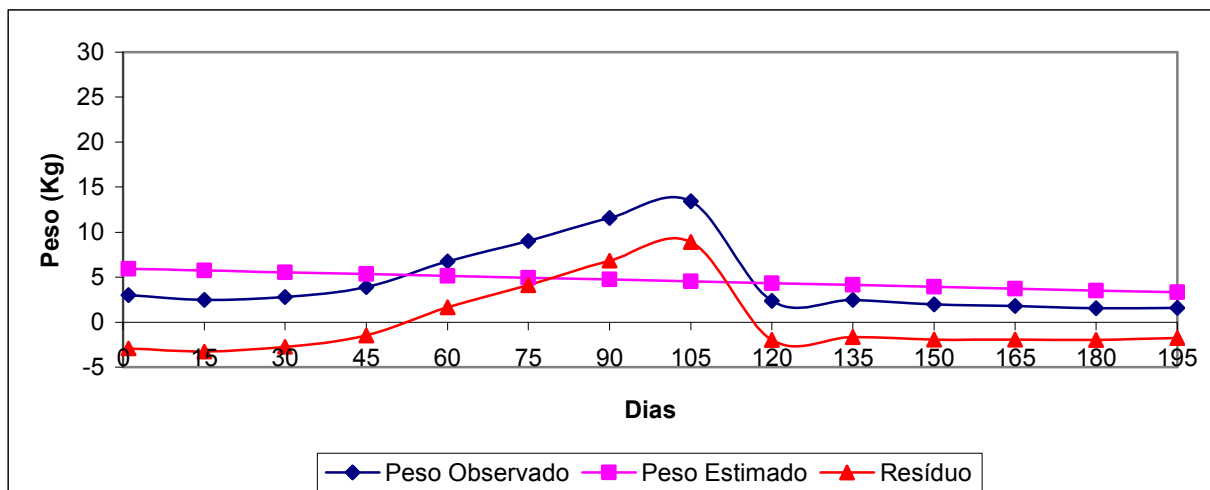


Figura 12. Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Linear aplicada em colméias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

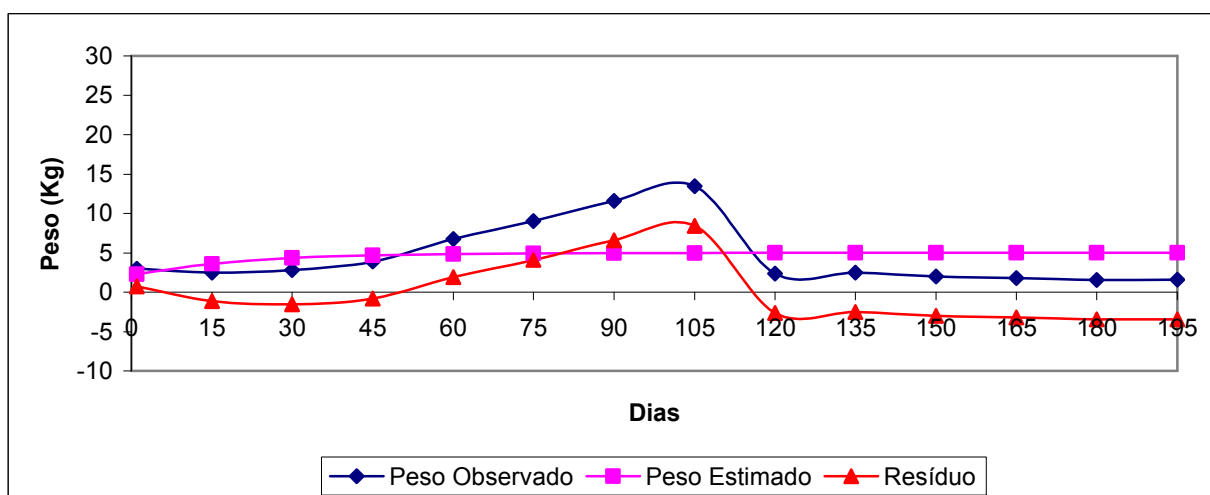


Figura 13. Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Brody aplicada em colméias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

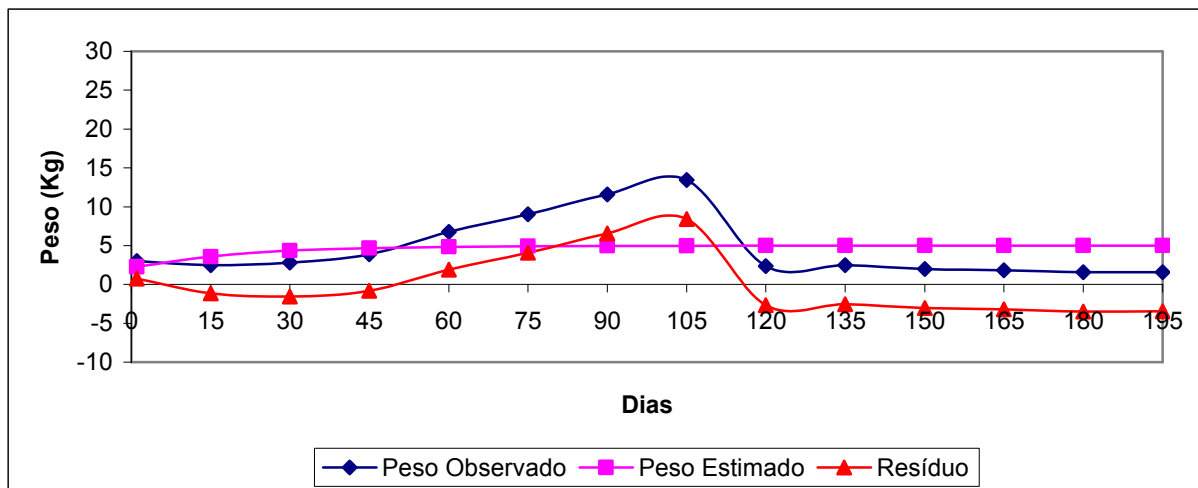


Figura 14. Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Bertalanffy aplicada em colméias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

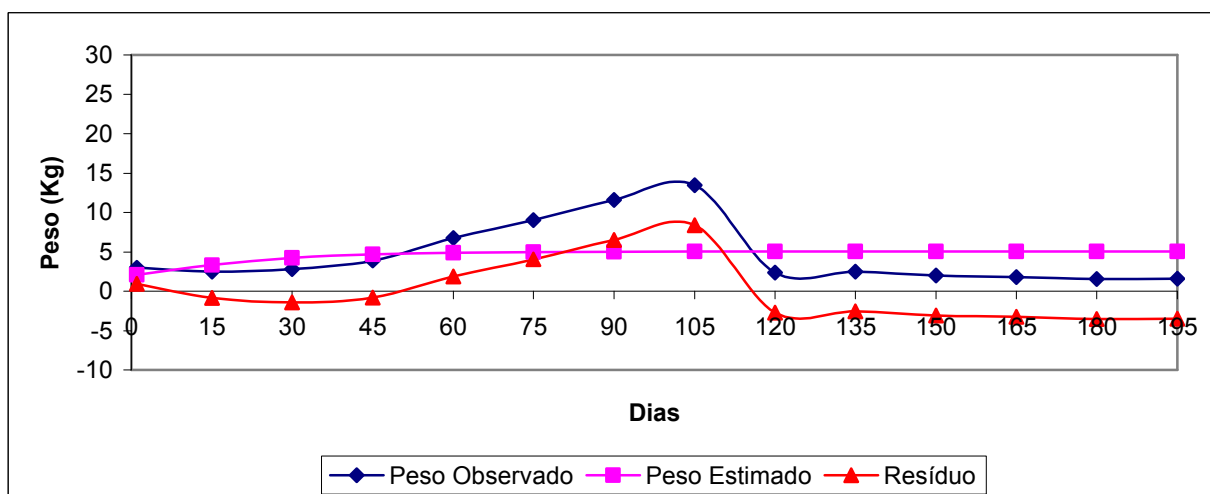


Figura 15. Curva média de produção estimada, observada e média do resíduo através do modelo Gompertz aplicada em colméias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

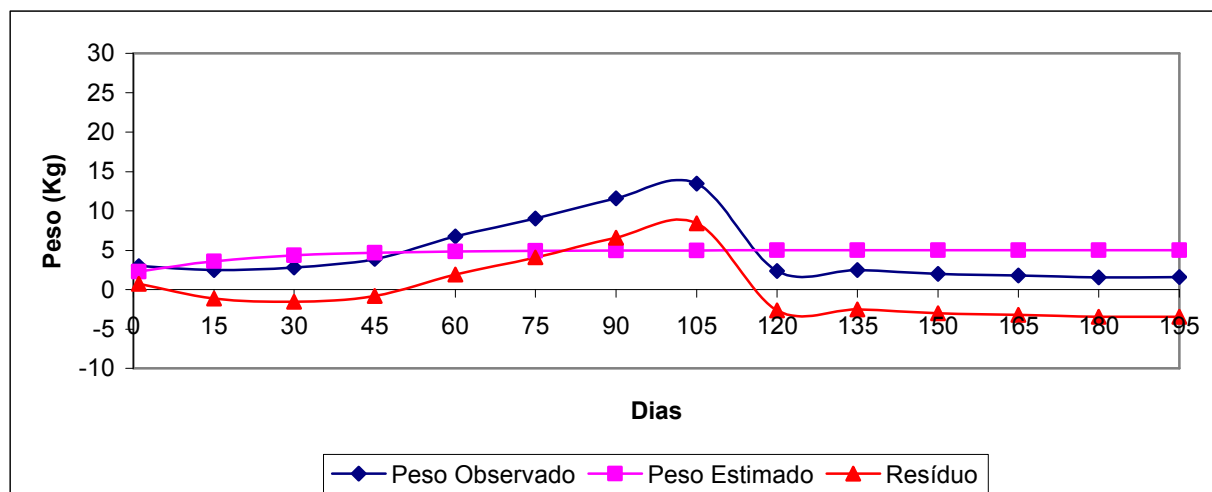


Figura 16. Curva média de produção de mel estimada, observada e média do resíduo através do modelo Richards aplicada em colméias de *Apis mellifera* instaladas em apiário no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro, 2008.

As curvas Linear, Brody, Bertalanffy, Gompertz e Richards, subestimaram a produção de mel das colônias em 8,91 Kg no modelo Linear e 8,44 (Kg) nos modelos Brody, Bertalanffy, Gompertz e Richards no período de maior produtividade de mel aos 105 dias (Tabelas 16, 17, 18, 19 e 20-apêndice). Este fato comprova a inviabilidade destes modelos para predizer a curva de produção das colônias, pois uma subestimação de 8,91 Kg em apiários com centenas de colméias acarretaria prejuízos para o apicultor.

4. Conclusões

- Os melhores modelos para estudos de curvas de crescimento em colônias de *Apis mellifera* na região do Agreste Paraibano são a Quadrática-Logarítmica e a Quadrático.
- Para a produção de mel no Agreste Paraibano o melhor modelo para estimar a curva de produção é a Quadrática – Logarítmica.
- A curva de crescimento apresentada pelo modelo Quadrática-Logarítmica e Quadrática é um instrumento de orientação de manejo para o apicultor

Referências Bibliográficas

- BERTALANFFY, L. von. Quantitative laws in metabolism and growth. **Quarterly Review of Biology**. Chicago, v.32, p.217-230, 1957.
- BIANCHINI SOBRINHO, E. **Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir**. 1984. 88 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1984.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold Publishing Corp., 1945. 1023p.
- CRUZ, G. R. B. **Estimativas dos parâmetros genéticos e de ambiente para medidas repetidas de produção de leite e de gordura em bovinos da raça Sindi e Guzerá**. 2007. 135f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.
- DANIEL, C.; WOODS, F. **Fitting equations to data**. 2 ed, New York, N.Y, John Wiley and Sons, 1980.458p.
- DAVE, B. K. Frist lactation curve of Indian water buffalo. **Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya Research Journal**, v. 5, p. 93, 1971.
- DRAPER, N.M.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2. ed. New York: Wiley, 1981. 709p.
- EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E.M.S.; BESERRA, E. M. F.; RODRIGUES, M.L. Análise físico-química dos méis das abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em duas regiões no Estado da Paraíba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v35, n.5, p.1166-1171, set-out, 2005.
- GARNERO, A. DEL V.; MARCONDES, C.R.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N.; LOBO, R.B. Parâmetros genéticos da taxa de maturação e do peso assintótico de fêmeas da raça Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, n.5, p.652-662, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Monitoramento das Estações Convencionais: Campina Grande-PB.** Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/convencionais.php> >. Acesso em 01 de Fevereiro de 2009.

LARA, F. M. **Princípios de Entomologia.** 1. ed, São Paulo: Ícone, 331p, 1992.

MALVEZZI, R. **Semi-Árido: Uma Visão Holística.** Brasília: Confea, 2007. 140p. – (Pensar Brasil).

MUSSURY, R.M.; FERNANDES, W.D.; SCALON, S.P.Q. ATIVIDADE DE ALGUNS INSETOS EM FLORES DE *Brassica napus* L. EM DOURADOS-MS E A INTERAÇÃO COM FATORES CLIMÁTICOS. **Ciênc. agrotec.**, Lavras. V.27, n.2, p.382-388, mar./abr., 2003.

NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. **Apicultura: manejo e produtos.** 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 191p.

PEREIRA, F.M. FREITAS, B.M. VIEIRA NETO, J.M. LOPES, M.T.R. BARBOSA, A.L. CAMARGO, R.C.R. Desenvolvimento de colônias de abelhas com diferentes alimentos protéicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.1-7, 2006.

PEREIRA, F.M.; FREITAS, B.M.; VIEIRA NETO, J.M.; LOPES, M. T. R.; BARBOSA, A. L.; CAMARGO, R. C. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, R. S. Efeito tóxico de alimentos alternativos para abelhas *Apis mellifera*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.533-538, mar-abr, 2007.

PEREZ, L.H. RESENDE, J.V. FREITAS, B.B. Exportações brasileiras de mel natural no período 2001-2003. **Informações Econômicas.** V.34, n.6, p.28-37, 2004.

QUEIROZ, M.L. BARBOSA, S.B.P. AZEVEDO, M. Produção de geléia real e desenvolvimento da larva de abelhas *Apis mellifera*, na região Semi-Árida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.449-453, 2001.

- RIBEIRO, M.N.; ALBUQUERQUE, L.G.; PIMENTA FILHO, E.C. Comparação de funções matemáticas no ajuste da curva de lactação de cabras mestiças no Cariri paraibano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.272-274.
- RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.10, p.290-300, 1959.
- RODRIGUES, M.L.; LIMA, S.L.; MOURA, O.M.; AGOSTINHO, C.A.; SILVA, J.H.V.; CRUZ, G.R.B.; CAMPOS, V.M.; CASALI, A.P.; MENDES, R.R.B.; ALBUQUERQUE, A.G. Curva de crescimento em rã-touro na fase de recria. **Arch. Zootec.** V.56 (214): p.125-136. 2007.
- SILVA, F. F.; AQUINO, L. H.; OLIVEIRA, A. I. G. Estimativas de parâmetros genéticos de curva de crescimento de gado nelore (*Bos indicus*). **Ciênc. Agrotec.**, Lavras. Edição Especial, p.1562-1567, dez., 2002
- SILVA, R. A. **Caracterização da flora apícola e do mel produzido por *Apis mellifera* L., 1758 (HYMENOPTERA: APIDAE) no Estado da Paraíba.** 2006. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.
- SILVA, R. A; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; AQUINO, I. S.; FELIX, L. P.; MATA, M.F.; PERONICO, A.S. Caracterização da flora apícola do Semi árido da Paraíba. **Arch. Zootec.** n.57, v.220, p.427-438, 2008.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILANOVA, N. A. **Manual de Ecologia dos Insetos.** Ceres, São Paulo. 1976. 419p.
- SOUZA, D.N. **Modelos matemáticos aplicados ao crescimento e produção de mel em colméias de *Apis mellifera* L. (hymenoptera, apidae) no cariri paraibano.** 2008. 125f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM – SAS. **User's guide**: statistics. version 8, v.2, Cary: 1999-2001.

TEIXEIRA, L.V. CAMPOS, F.N.M. Início da atividade de vôo em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae): influência do tamanho da abelha e da temperatura ambiente. **Rev. Bras. Zootecias**. Juiz de Fora V. 7, Nº 2, p. 195-202, Dez/2005.

APÊNDICE

Tabela 6 – Precipitação média (mm) da microrregião de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008 (INSA, 2008)

	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
01	0	30,4	0	0	0	0	0
02	7,2	15,5	7,2	0	0	0	0
03	1,1	0	4,2	3,1	0	0	0
04	0	0,2	0	0	0	0	0
05	5,9	0	0,2	13,6	0,2	0	0
06	2,5	3,9	0	0	0	0	0
07	0,8	1,4	3,8	0	0	0	0
08	1,5	0	21,7	0	0	0	0
09	2,2	2,6	0	0	0	0	0
10	0,2	4,2	1,3	0	0	0	0
11	5,7	1,1	0	0	0	0	0
12	0	1,4	2,5	1,3	0	0	2.0
13	0	3,2	0	0	1,8	0	1.8
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0,4	0	0	0	0	0	0
16	3,7	0	0	0	0	0	0
17	8,0	4,1	1,8	0	0	0	0
18	1,4	2,0	1,4	0	0	0	0
19	0	0,3	0	0	0	0	0
20	2,5	0,2	0	0	0	0	0
21	0	3,7	0	0	0	0	0
22	0	5,7	1,1	0	0	0	0
23	0	0,4	0	0	0	0	0
24	0,2	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0,2	0	0	0	0	0
27	2,9	8,2	4,2	0	0	0	0
28	0,7	2,6	2,6	0	0	0	0
29	0,6	1,9	0	0,2	0	0	0
30	0	1,6	0	0	0	0	0
31	0	1,4	0	0	0	0	0

Fonte: INSA (2008)

Tabela 7– Distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho (kg) pelo modelo Quadrática-Logarítmica em colônias de *Apis mellifera* instaladas no Apiário do INSA no município de Campina Grande–PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	6.2916667	6.6503572	2.2570328	-0.3586905
2	15	5.9608333	4.1392095	2.2363788	1.8216238
3	30	5.6083333	5.9263690	1.5230223	-0.3180357
4	45	6.4491667	8.0662205	1.4031682	-1.6170539
5	60	8.1533333	9.9894716	1.5298386	-1.8361383
6	75	9.8725000	11.5177124	2.2294440	-1.6452124
7	90	15.2775000	12.5714741	2.8318517	2.7060259
8	105	16.5591667	13.1083659	2.7982444	3.4508008
9	120	14.7475000	13.1030841	2.1107996	1.6444159
10	135	11.5608333	12.5393073	1.9349675	-0.9784740
11	150	8.8258333	11.4058915	2.8284543	-2.5800582
12	165	7.8133333	9.6948881	2.6837062	-1.8815547
13	180	7.0566667	7.4004279	2.4274466	-0.3437613
14	195	6.4541667	4.5180541	2.5374270	1.9361125

Tabela 8– Aplicação do modelo Quadrático na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	6.2916667	3.4063532	2.2570328	2.8853135
2	15	5.9608333	5.5298968	2.2363788	0.4309365
3	30	5.6083333	7.6500933	1.5230223	-2.0417600
4	45	6.4491667	9.3855363	1.4031682	-2.9363697
5	60	8.1533333	10.7362258	1.5298386	-2.5828925
6	75	9.8725000	11.7021617	2.2294440	-1.8296617
7	90	15.2775000	12.2833442	2.8318517	2.9941558
8	105	16.5591667	12.4797731	2.7982444	4.0793936
9	120	14.7475000	12.2914485	2.1107996	2.4560515
10	135	11.5608333	11.7183704	1.9349675	-0.1575370
11	150	8.8258333	10.7605387	2.8284543	-1.9347054
12	165	7.8133333	9.4179536	2.6837062	-1.6046203
13	180	7.0566667	7.6906149	2.4274466	-0.6339483
14	195	6.4541667	5.5785228	2.5374270	0.8756439

Tabela 9– Aplicação do modelo Linear na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	6.2916667	8.1636876	2.2570328	-1.8720209
2	15	5.9608333	8.3207953	2.2363788	-2.3599620
3	30	5.6083333	8.5040877	1.5230223	-2.8957544
4	45	6.4491667	8.6873801	1.4031682	-2.2382135
5	60	8.1533333	8.8706725	1.5298386	-0.7173392
6	75	9.8725000	9.0539649	2.2294440	0.8185351
7	90	15.2775000	9.2372573	2.8318517	6.0402427
8	105	16.5591667	9.4205497	2.7982444	7.1386170
9	120	14.7475000	9.6038421	2.1107996	5.1436579
10	135	11.5608333	9.7871345	1.9349675	1.7736989
11	150	8.8258333	9.9704268	2.8284543	-1.1445935
12	165	7.8133333	10.1537192	2.6837062	-2.3403859
13	180	7.0566667	10.3370116	2.4274466	-3.2803450
14	195	6.4541667	10.5203040	2.5374270	-4.0661373

Tabela 10– Aplicação do modelo Brody na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	6.2916667	4.7454225	2.2570328	1.5462441
2	15	5.9608333	6.5264825	2.2363788	-0.5656492
3	30	5.6083333	7.9298296	1.5230223	-2.3214963
4	45	6.4491667	8.8474473	1.4031682	-2.3982807
5	60	8.1533333	9.4474574	1.5298386	-1.2941241
6	75	9.8725000	9.8397907	2.2294440	0.0327093
7	90	15.2775000	10.0963289	2.8318517	5.1811711
8	105	16.5591667	10.2640735	2.7982444	6.2950931
9	120	14.7475000	10.3737581	2.1107996	4.3737419
10	135	11.5608333	10.4454784	1.9349675	1.1153550
11	150	8.8258333	10.4923747	2.8284543	-1.6665414
12	165	7.8133333	10.5230392	2.6837062	-2.7097058
13	180	7.0566667	10.5430900	2.4274466	-3.4864233
14	195	6.4541667	10.5562008	2.5374270	-4.1020341

Tabela 11– Aplicação do modelo Bertalanffy na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	6.2916667	4.7454527	2.2570328	1.5462140
2	15	5.9608333	6.5264921	2.2363788	-0.5656587
3	30	5.6083333	7.9298249	1.5230223	-2.3214916
4	45	6.4491667	8.8474347	1.4031682	-2.3982681
5	60	8.1533333	9.4474405	1.5298386	-1.2941072
6	75	9.8725000	9.8397717	2.2294440	0.0327283
7	90	15.2775000	10.0963088	2.8318517	5.1811912
8	105	16.5591667	10.2640531	2.7982444	6.2951136
9	120	14.7475000	10.3737375	2.1107996	4.3737625
10	135	11.5608333	10.4454578	1.9349675	1.1153755
11	150	8.8258333	10.4923542	2.8284543	-1.6665209
12	165	7.8133333	10.5230188	2.6837062	-2.7096855
13	180	7.0566667	10.5430698	2.4274466	-3.4864031
14	195	6.4541667	10.5561806	2.5374270	-4.1020140

Tabela 12– Aplicação do modelo Gompertz na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	6.2916667	4.5326394	2.2570328	1.7590272
2	15	5.9608333	6.1324903	2.2363788	-0.1716570
3	30	5.6083333	7.6434432	1.5230223	-2.0351098
4	45	6.4491667	8.7241156	1.4031682	-2.2749489
5	60	8.1533333	9.4450768	1.5298386	-1.2917434
6	75	9.8725000	9.9062834	2.2294440	-0.0337834
7	90	15.2775000	10.1939568	2.8318517	5.0835432
8	105	16.5591667	10.3706828	2.7982444	6.1884838
9	120	14.7475000	10.4782630	2.1107996	4.2692370
10	135	11.5608333	10.5433928	1.9349675	1.0174406
11	150	8.8258333	10.5826929	2.8284543	-1.7568596
12	165	7.8133333	10.6063602	2.6837062	-2.7930269
13	180	7.0566667	10.6205962	2.4274466	-3.5639296
14	195	6.4541667	10.6291531	2.5374270	-4.1749864

Tabela 13– Aplicação do modelo Richards na distribuição do crescimento e estimativa de peso do ninho das colônias de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	6.2916667	4.7454235	2.2570328	1.5462432
2	15	5.9608333	6.5264827	2.2363788	-0.5656494
3	30	5.6083333	7.9298295	1.5230223	-2.3214961
4	45	6.4491667	8.8474472	1.4031682	-2.3982805
5	60	8.1533333	9.4474573	1.5298386	-1.2941240
6	75	9.8725000	9.8397908	2.2294440	0.0327092
7	90	15.2775000	10.0963291	2.8318517	5.1811709
8	105	16.5591667	10.2640739	2.7982444	6.2950928
9	120	14.7475000	10.3737585	2.1107996	4.3737415
10	135	11.5608333	10.4454789	1.9349675	1.1153545
11	150	8.8258333	10.4923753	2.8284543	-1.6665419
12	165	7.8133333	10.5230398	2.6837062	-2.7097064
13	180	7.0566667	10.5430906	2.4274466	-3.4864240
14	195	6.4541667	10.5562015	2.5374270	-4.1020348

Tabela 14– Distribuição da produção das colméias e estimativa de peso de melgueira (kg) pelo modelo Quadrática-Logarítmica em colméias de *Apis mellifera* instaladas no Apiário instalado no INSA no município de Campina Grande – PB , no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	2.9954167	2.4910981	2.7570467	0.5043186
2	15	2.4695833	2.9591102	2.2830506	-0.4895268
3	30	2.8087500	4.3789188	2.1583918	-1.5701688
4	45	3.8825000	5.6337609	2.8830457	-1.7512609
5	60	6.7775000	6.5904386	4.8353065	0.1870614
6	75	9.0283333	7.2072089	5.7394094	1.8211244
7	90	11.5637500	7.4654786	5.6446310	4.0982714
8	105	13.4350000	7.3553294	5.8497517	6.0796706
9	120	2.3541667	6.8708408	1.3220350	-4.5166742
10	135	2.4875000	6.0081943	1.5475839	-3.5206943
11	150	1.9912500	4.7647824	1.4346034	-2.7735324
12	165	1.7991667	3.1387454	-1.3395787	1.3514484
13	180	1.5508333	1.1287100	1.2282893	0.4221233
14	195	1.5825000	-1.2663665	1.1931766	2.8488665

Tabela 15– Aplicação do modelo Quadrático na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	2.9954167	1.7320944	2.7570467	1.2633223
2	15	2.4695833	3.2844911	2.2830506	-0.8149077
3	30	2.8087500	4.7822207	2.1583918	-1.9734707
4	45	3.8825000	5.9424429	2.8830457	-2.0599429
5	60	6.7775000	6.7651576	4.8353065	0.0123424
6	75	9.0283333	7.2503648	5.7394094	1.7779685
7	90	11.5637500	7.3980645	5.6446310	4.1656855
8	105	13.4350000	7.2082567	5.8497517	6.2267433
9	120	2.3541667	6.6809414	1.3220350	-4.3267748
10	135	2.4875000	5.8161187	1.5475839	-3.3286187
11	150	1.9912500	4.6137884	1.4346034	-2.6225384
12	165	1.7991667	3.0739507	1.3514484	-1.2747840
13	180	1.5508333	1.1966054	1.2282893	0.3542279
14	195	1.5825000	-1.0182473	1.1931766	2.6007473

Tabela 16– Aplicação do modelo Linear na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	2.9954167	5.9052492	2.7570467	-2.9098325
2	15	2.4695833	5.7326796	2.2830506	-3.2630963
3	30	2.8087500	5.5313484	2.1583918	-2.7225984
4	45	3.8825000	5.3300172	2.8830457	-1.4475172
5	60	6.7775000	5.1286860	4.8353065	1.6488140
6	75	9.0283333	4.9273548	5.7394094	4.1009786
7	90	11.5637500	4.7260236	5.6446310	6.8377264
8	105	13.4350000	4.5246924	5.8497517	8.9103076
9	120	2.3541667	4.3233612	1.3220350	-1.9691945
10	135	2.4875000	4.1220300	1.5475839	-1.6345300
11	150	1.9912500	3.9206988	1.4346034	-1.9294488
12	165	1.7991667	3.7193675	1.3514484	-1.9202009
13	180	1.5508333	3.5180363	1.2282893	-1.9672030
14	195	1.5825000	3.3167051	1.1931766	-1.7342051

Tabela 17– Aplicação do modelo Brody na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	2.9954167	2.2537525	2.7570467	0.7416642
2	15	2.4695833	3.5896741	2.2830506	-1.1200908
3	30	2.8087500	4.3540934	2.1583918	-1.5453434
4	45	3.8825000	4.7065152	2.8830457	-0.8240152
5	60	6.7775000	4.8689930	4.8353065	1.9085070
6	75	9.0283333	4.9439004	5.7394094	4.0844329
7	90	11.5637500	4.9784351	5.6446310	6.5853149
8	105	13.4350000	4.9943568	5.8497517	8.4406432
9	120	2.3541667	5.0016971	1.3220350	-2.6475305
10	135	2.4875000	5.0050813	1.5475839	-2.5175813
11	150	1.9912500	5.0066415	1.4346034	-3.0153915
12	165	1.7991667	5.0073608	1.3514484	-3.2081941
13	180	1.5508333	5.0076924	1.2282893	-3.4568591
14	195	1.5825000	5.0078453	1.1931766	-3.4253453

Tabela 18– Aplicação do modelo Bertalanffy na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	2.9954167	2.2537622	2.7570467	0.7416544
2	15	2.4695833	3.5897014	2.2830506	-1.1201181
3	30	2.8087500	4.3541173	2.1583918	-1.5453673
4	45	3.8825000	4.7065307	2.8830457	-0.8240307
5	60	6.7775000	4.8690014	4.8353065	1.9084986
6	75	9.0283333	4.9439041	5.7394094	4.0844292
7	90	11.5637500	4.9784360	5.6446310	6.5853140
8	105	13.4350000	4.9943560	5.8497517	8.4406440
9	120	2.3541667	5.0016955	1.3220350	-2.6475289
10	135	2.4875000	5.0050792	1.5475839	-2.5175792
11	150	1.9912500	5.0066392	1.4346034	-3.0153892
12	165	1.7991667	5.0073583	1.3514484	-3.2081917
13	180	1.5508333	5.0076899	1.2282893	-3.4568565
14	195	1.5825000	5.0078427	1.1931766	-3.4253427

Tabela 19– Aplicação do modelo Gompertz na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	2.9954167	2.0533747	2.7570467	0.9420419
2	15	2.4695833	3.3060490	2.2830506	-0.8364657
3	30	2.8087500	4.2370321	2.1583918	-1.4282821
4	45	3.8825000	4.6975813	2.8830457	-0.8150813
5	60	6.7775000	4.9035560	4.8353065	1.8739440
6	75	9.0283333	4.9918543	5.7394094	4.0364790
7	90	11.5637500	5.0290427	5.6446310	6.5347073
8	105	13.4350000	5.0445902	5.8497517	8.3904098
9	120	2.3541667	5.0510703	1.3220350	-2.6969036
10	135	2.4875000	5.0537677	1.5475839	-2.5662677
11	150	1.9912500	5.0548900	1.4346034	-3.0636400
12	165	1.7991667	5.0553568	1.3514484	-3.2561901
13	180	1.5508333	5.0555509	1.2282893	-3.5047176
14	195	1.5825000	5.0556317	1.1931766	-3.4731317

Tabela 20– Aplicação do modelo Richards na produção das colméias e estimativa de peso de melgueira de *Apis mellifera* instaladas em caixas Langstroth no município de Campina Grande-PB, no período de junho a dezembro de 2008

Estágio	Dias	Peso Observado	Peso Estimado	Desvio(%)	Resíduo (kg)
1	1	2.9954167	2.2539377	2.7570467	0.7414789
2	15	2.4695833	3.5897865	2.2830506	-1.1202032
3	30	2.8087500	4.3541475	2.1583918	-1.5453975
4	45	3.8825000	4.7065340	2.8830457	-0.8240340
5	60	6.7775000	4.8689916	4.8353065	1.9085084
6	75	9.0283333	4.9438880	5.7394094	4.0844453
7	90	11.5637500	4.9784168	5.6446310	6.5853332
8	105	13.4350000	4.9943353	5.8497517	8.4406647
9	120	2.3541667	5.0016741	1.3220350	-2.6475074
10	135	2.4875000	5.0050574	1.5475839	-2.5175574
11	150	1.9912500	5.0066172	1.4346034	-3.0153672
12	165	1.7991667	5.0073363	1.3514484	-3.2081696
13	180	1.5508333	5.0076678	1.2282893	-3.4568344
14	195	1.5825000	5.0078206	1.1931766	-3.4253206

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)