



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Sara Filipa Silva Cardoso

Influência da dieta no crescimento e composição química de
larvas de insetos Coleóptera (*Tenebrio molitor* e
Zophobas morio)

Mestrado
Agricultura Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação

Professora Doutora Teresa Letra Mateus

Professor Mestre Júlio César Lopes

Ponte de Lima, Janeiro de 2020

As doutrinas expressas neste trabalho são da exclusiva
responsabilidade do autor.

EPÍGRAFE

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou
sobre aquilo que todo mundo vê.”*

(Arthur Schopenhauer)

Investigação suportada pelo projeto “Modelo técnico de produção intensiva de rã, *Rana perezi* (*Pelophylax perezi*)” - MAR2020 - MAR-02.01-FEAMP-0087- financiado pelo Fundo Europeu dos Assuntos Marítimos e das Pescas.



ÍNDICE

ÍNDICE.....	ix
AGRADECIMENTOS	xiii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	xix
LISTA DE QUADROS	xxi
LISTA DE FIGURAS	xxv
1. ESTADO DA ARTE- PRODUÇÃO DE INSETOS	1
1.1. Vantagens da produção de insetos.....	2
1.2. Produção e cuidados necessários.....	3
1.2.2. Exigências nutricionais dos insetos	6
1.2.3. Produção de larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	11
1.2.4. Produção de larvas de <i>Zophobas morio</i>	16
1.3.Composição química de insetos	19
1.4.Estimativas de curvas de crescimento na produção de insetos.....	30
1.5. Objetivos do estudo	32
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1. Local do Ensaio	34
2.2. Aquisição dos futuros reprodutores.....	34
2.3. Manutenção de adultos e obtenção de ovos (caixas dos reprodutores)	35
2.4. Desenvolvimento das incubadoras	35
2.5. Formulação e preparação das dietas	36
2.6. Administração de água nas caixas	37

2.7. Caixas dos ensaios – Caixas de criação das larvas	37
2.8. Metodologia para a monitorização do crescimento das larvas (peso e comprimento)	38
2.9. Abate das larvas - Congelação.....	38
2.10. Preparação das amostras	39
2.11. Análises químicas	40
2.12. Metodologia de análise estatística	42
3. RESULTADOS	44
3.1. Dietas – Composição química	45
3.2 .Temperatura e humidade relativa	45
3.3. <i>Tenebrio molitor</i> (Escolha da curva de crescimento).....	45
3.3.1. Período de desenvolvimento das larvas de acordo com a dieta.....	46
3.3.2. Massa e GMD de acordo com a dieta.....	47
3.3.3. Comprimento e CMD de acordo com a dieta	49
3.3.4. Taxa de mortalidade de acordo com a dieta	51
3.3.5. Correlações – Idade, Peso e Comprimento de acordo com a dieta.....	51
3.4. <i>Zophobas morio</i> (Escolha da curva de crescimento).....	53
3.4.1. Período de desenvolvimento das larvas de acordo com a dieta.....	54
3.4.2. Massa e GMD de acordo com a dieta.....	54
3.4.3. Comprimento e CMD de acordo com a dieta	57
3.4.4. Taxa de mortalidade de acordo com a dieta	59
3.4.5. Correlações – Idade, Peso e Comprimento de acordo com a dieta.....	59
3.5. Composição química das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com a dieta.	61
3.6. Composição química das larvas de <i>Zophobas morio</i> de acordo com a dieta.	64
3.7. Preço das dietas	68
4. DISCUSSÃO	70
4.1. Efeito da dieta nas larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	71
4.2. Efeito da dieta nas larvas de <i>Zophobas morio</i>	75

CONCLUSÃO.....	77
REFERÊNCIAS	78
PUBLICAÇÕES.....	93

AGRADECIMENTOS

Quero deixar expresso o meu reconhecimento a pessoas e instituições pelo auxílio que me prestaram e que, de uma forma decisiva, contribuíram para a realização deste trabalho.

Este estudo não é apenas fruto de um empenho individual, mas sim, de um conjunto de pessoas que o tornaram possível e sem as quais teria sido muito mais difícil chegar ao fim desta etapa e até me arriscaria a dizer que talvez fosse mesmo impossível. Desta forma, manifesto a minha gratidão a todos os que estiveram presentes em todos os momentos do desenvolvimento deste estudo.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus orientadores, Doutora Teresa Letra Mateus e Engenheiro Júlio Lopes pelo excelente trabalho como orientadores, por toda a dedicação, paciência, apoio, disponibilidade e empenho.

À Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (ESA-IPVC), à direção e a todos os docentes e funcionários por todo o auxílio prestado.

Quero agradecer também à equipa do laboratório, Eng. Virgílio, D. Maria, D. Suzy e D. Maria Helena por todo o apoio nas questões laboratoriais.

Um agradecimento especial aos docentes e colegas do Mestrado de Agricultura Biológica por todo o incentivo e apoio ao longo deste trabalho.

Aos meus amigos por todo o auxílio e companheirismo.

E por último, mas não menos importante, agradeço à minha família, pelo incentivo e compreensão ao longo de todo este percurso.

A todos vocês eu quero deixar aqui um *Muito Obrigada*

RESUMO

A população mundial deverá alcançar os nove mil milhões de pessoas até 2050 e do mesmo modo a procura por alimentos de origem animal irá aumentar para mais do dobro. Uma das soluções apontadas é a produção de insetos como fonte alternativa de proteína. Apesar dos grandes avanços realizados nos últimos anos sobre produção e utilização de insetos existem ainda muitos fatores chave que permanecem pouco ou quase nada conhecidos, tal como a nutrição dos próprios insetos. Assim o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da dieta no crescimento e composição química de larvas de *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio*.

Os ensaios foram realizados no insetário da ESA-IPVC sob condições de temperatura e humidade controladas. Foram testadas quatro dietas com níveis de proteína e gordura semelhantes. As larvas foram pesadas e medidas semanalmente até ao término dos ensaios. Realizaram-se análises químicas às dietas e às respetivas larvas e construíram-se curvas de crescimento para avaliação do ganho médio diário ($\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$ ou $\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$).

Este estudo demonstrou que o comprimento e a massa das larvas das duas espécies são influenciadas pela dieta. As larvas de *Tenebrio molitor*, alimentadas com a dieta B (40% cevada + 40% milho + 20% soja), obtiveram o valor de massa (mg) e comprimento (mm) mais elevados, assim como o maior teor de gordura bruta. A dieta B, foi a que teve um custo mais baixo (0,46 €/kg) de produção.

O número total de dias de crescimento das larvas de *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio*, para as quatro dietas, foi inferior aos encontrados por outros autores, sugerindo uma boa adaptação das larvas às dietas estudadas. Para as duas espécies a dieta teve uma influência significativa na composição nutricional das larvas.

Palavras-chave: Nutrição; *Tenebrio*; *Zophobas*; Massa; Comprimento.

ABSTRACT

The world population should reach nine billion people until 2050 and likewise the search of food of animal origin will increase to more than double. One of the pointed solutions is the production of insects as an alternative source of protein. Despite of the great advances made in the last years about production and use of insects there are still many key factors that remain little or almost unknown, like insect nutrition, the aim of this study was to evaluate the diet influence on growth and chemical composition of larvae of *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio*.

The tests were performed on the ESA-IPVC insectary under controlled temperature and humidity conditions. Four diets have been tested with similar levels of protein and fat. The larvae were weighted and measured weekly until the end of the rehearsals. Chemical analyses were performed on diets and to the respectively larvae and growth curves were constructed to assess the average daily gain ($\text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$ or $\text{mm}\cdot\text{day}^{-1}$).

This study demonstrated that larvae from the two species were affected by diet in its larval performance. *Tenebrio molitor* larvae, fed with diet B (40% barley + 40% corn + 20% soy), obtained more mass (mg) and longer final length (mm), as with best crude fat. Diet B was the one with the lowest production cost (€ 0.46 / kg).

The total number of days of growth of *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* larvae for the four diets, was lower than those found by other authors, suggesting a good adaptation of larvae to the diets studied. For both species, the diet had a significant influence on the nutritional composition of the larvae.

Key-words: Nutrition; *Tenebrio*; *Zophobas*; Mass; Length

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ADF - *Acid Detergent Fiber* –Fibra em Detergente Ácida

AOAC - *Association of Official Agricultural Chemists* - Associação de Químicos Agrícolas Oficiais

C.A. – Comprimento na dieta A

C.B. – Comprimento na dieta B

C.C. – Comprimento na dieta C

C.D. – Comprimento na dieta D

C.E. - Comunidade Europeia

CMD – Crescimento Médio Diário

D.P. – Desvio-Padrão

DDGS - *Dried Distillers Grains with Solubles* - Grãos de destilados secos

DGAV – Direção Geral de Agricultura e Veterinária

E.U.A. - Estados Unidos da América

EB - Energia Bruta

EET- Encefalopatias espongiformes transmissíveis

ESA – Escola Superior Agrária

FAO – *Food and Agriculture Organization* - Organização das Nações Unidas

FB – Fibra Bruta

FCR – *Feed Conversion Rate* – Taxa de Conversão Alimentar

GB – Gordura Bruta

GMD – Ganho Médio Diário

GWP – *Global Warming Potential* – Potencial de aquecimento global

IPVC – Instituto Politécnico de Viana do Castelo

M.A. – Massa na dieta A

M.B. – Massa na dieta B

M.C. – Massa na dieta C

M.D. – Massa D na dieta D

MS – Matéria Seca

MUFA – *Monounsaturarated Fatty Acids* - Ácidos gordos monoinsaturados

NDF – *Neutral Detergent Fiber* - Fibra em Detergente Neutra

PB - Proteína Bruta

PUFA – *Poliunsaturated Fatty Acids* - Ácidos gordos polinsaturados

R² – Coeficiente de determinação ajustado

SFA – *Saturated Fatty Acids* – Ácidos gordos saturados

U.E. – União Europeia

T.A. – Teste A (dieta A)

T.B. – Teste B (dieta B)

T.C. – Teste C (dieta C)

T.D. – Teste D (dieta D)

% - Percentagem

CH₄ – Metano

°C – Graus Centígrados

cm – Centímetro

cm² - Centímetro quadrado

cm³ – Centímetro cúbico

CO₂ – Dióxido de Carbono

g – Grama

kg – Quilograma

L – Litro

I – Idade

m² – Metro quadrado

mg – Miligrama

MJ – Megajoule

NO₂ – Óxido de azoto

Nº - Número

® - Marca registada

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1. Alimentos autorizados e não autorizados para incorporação nos alimentos compostos de insetos na U.E.	5
Quadro 1.2. Densidades recomendadas ou utilizadas, segundo alguns trabalhos já realizados com as espécies <i>Tenebrio molitor</i> e <i>Zophobas morio</i>	6
Quadro 1.3. Comprimento (mínimo, médio e máximo), em mm, das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com estudos já realizados.	12
Quadro 1.4. Massa (mínima, média e máxima), em mg, das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com estudos já realizados.	12
Quadro 1.5. Temperatura média, mínima e máxima (°C) para a produção de larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	13
Quadro 1.6. Humidade Relativa (%) média, mínima e máxima utilizada em diversos estudos para a produção de larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	14
Quadro 1.7. Tempo médio de desenvolvimento das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> obtidos de acordo com alimentação utilizada.	15
Quadro 1.8. Comprimento mínimo, médio e máximo, em mm, de acordo com estudos realizados com <i>Zophobas morio</i>	17
Quadro 1.9. Massa mínima, média e máxima, em mg, de acordo com estudos realizados com <i>Zophobas morio</i>	17
Quadro 1.10. Temperatura mínima, média e máxima, em °C, utilizada em diversos estudos para a espécie <i>Zophobas morio</i>	18
Quadro 1.11. Humidade Relativa média, mínima e máxima, em %, de acordo com diversos estudos para a espécie <i>Zophobas morio</i>	18
Quadro 1.12. Tempo médio de desenvolvimento das larvas de <i>Zophobas morio</i> de acordo com a dieta utilizada.	19

Quadro 1.13. Valores de Humidade para as espécies <i>Tenebrio molitor</i> e <i>Zophobas morio</i> (%) de acordo com estudos já realizados e para as espécies pecuária convencionais e soja (g/100g de parte edível).....	23
Quadro 1.14. Valores de Cinzas para as espécies <i>Tenebrio molitor</i> e <i>Zophobas morio</i> (%) de acordo com estudos já realizados e para espécies pecuárias convencionais e soja (g/100g de parte edível).	24
Quadro 1.15. Valores de Gordura Bruta para as espécies <i>Tenebrio molitor</i> e <i>Zophobas morio</i> (%) de acordo com estudos já realizados e para espécies pecuárias convencionais e soja (g/100g de parte edível).....	25
Quadro 1.16. Perfil de ácidos gordos (g/Kg) e colesterol (mg/Kg) das espécies <i>Tenebrio molitor</i> e <i>Zophobas morio</i> em comparação com o perfil de ácidos gordos da carne de bovino (g/100g de parte edível).....	26
Quadro 1.17. Valores de Proteína Bruta para as espécies <i>Tenebrio molitor</i> e <i>Zophobas morio</i> (%) de acordo com estudos já realizados e para espécies pecuárias convencionais e soja (mg/100g de parte edível).....	27
Quadro 1.18. Valores de perfil de aminoácidos de <i>Tenebrio molitor</i> , <i>Zophobas morio</i> e carne de bovinos (mg/g proteína).	28
Quadro 1.19. Valores de teor em minerais para as espécies <i>Tenebrio molitor</i> e <i>Zophobas morio</i> de acordo com estudos já realizados em comparação com os valores de teores de minerais de espécies pecuárias convencionais e soja (mg/100g).	29
Quadro 1.20. Principais funções não lineares usadas para determinação do crescimento animal.	30
Quadro 2.1. Dietas utilizadas no ensaio e o seu valor químico estimado	36
Quadro 2.2. Tipo de utilização da amostra (fresca ou seca) para cada análise efetuada....	40
Quadro 3.1. Composição química das dietas estudadas.....	45
Quadro 3.2. Médias de temperatura e humidade relativa e data da realização dos ensaios.	45

Quadro 3.3. Parâmetros estimados para a curva de crescimento das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> em função da dieta.	46
Quadro 3.4. Massa média inicial (mg), massa média final (mg) e GMD (mg.dia ⁻¹), de acordo com a dieta (<i>Tenebrio molitor</i>).	47
Quadro 3.5. Comprimento médio inicial (mm), comprimento médio final (mm) e CMD (mm.dia ⁻¹) de acordo com a dieta (<i>Tenebrio molitor</i>).	49
Quadro 3.6. Correlações entre massa e comprimento de acordo com a dieta administrada, para as larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	51
Quadro 3.7. Parâmetros estimados para a curva de crescimento das larvas de <i>Zophobas morio</i> em função da dieta.	53
Quadro 3.8. Massa média inicial (mg), massa média final (mg) e do GMD (mg.dia ⁻¹) de acordo com a dieta (<i>Zophobas morio</i>).	55
Quadro 3.9. Comprimento inicial (mm), comprimento final (mm) e CMD (mm.dia ⁻¹), de acordo com a dieta (<i>Zophobas morio</i>).	57
Quadro 3.10. Correlações entre massa e comprimento de acordo com a dieta, para as larvas de <i>Zophobas morio</i>	59
Quadro 3.11. Composição química das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com a dieta (Humidade e Cinzas), em %.	61
Quadro 3.12. Continuação. Composição química das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com a dieta (Proteína bruta e Gordura bruta), em %.	61
Quadro 3.13. Composição mineral das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com a dieta (Potássio, Cálcio, Magnésio, Sódio e Ferro) em mg/100g.	63
Quadro 3.14. Continuação. Composição mineral das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com a dieta (Cobre, Zinco, Manganês e Fósforo) em mg/100g.	64
Quadro 3.15. Composição química das larvas de <i>Zophobas morio</i> de acordo com a dieta (Humidade, Cinzas, Proteína bruta e Gordura bruta), em %.	65

Quadro 3.16. Composição mineral das larvas de <i>Zophobas morio</i> de acordo com a dieta (Potássio, Cálcio, Magnésio, Sódio e Ferro,) em mg/100g.	66
Quadro 3.17. Continuação. Composição mineral das larvas de <i>Zophobas morio</i> de acordo com a dieta (Cobre, Zinco, Manganês e Fósforo) em mg/100g.	67
Quadro 3.18. Preço da dieta para o crescimento das larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	68
Quadro 3.19. Preço da dieta para o crescimento das larvas de <i>Zophobas morio</i>	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Ciclo de vida de <i>Tenebrio molitor</i> . A – Adulto (Escaravelho), B -Larva e C- Pupa.	11
Figura 1.2 Ciclo de vida de <i>Zophobas morio</i> . A- Adulto – Escaravelho, B – Larva, C – Pupas.....	16
Figura 2.1. Monitorização e registo de temperatura e humidade pelo equipamento Testo 175H1 (A). Aquecedor convencional utilizado para aquecer a sala dos ensaios (B). Fonte de humidade ambiental (C).	34
Figura 2.2. Chegada das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> (A) e <i>Zophobas morio</i> (B). Colocação das larvas em recipientes isolados (copos) para prosseguirem para a fase de pupa (C).....	34
Figura 2.3. Caixa de reprodutores da espécie <i>Tenebrio molitor</i> (A). Caixa de reprodutores da espécie <i>Zophobas morio</i> (B).	35
Figura 2.4. Exterior da incubadora (A). Interior da Incubadora (B).	36
Figura 2.5. Receção das matérias-primas (trigo, cevada, soja, e aveia) da cooperativa (A). Primeira moagem dos cereais (B). Formulação das dietas (C) Segunda moagem (D).	37
Figura 2.6. Colocação de algodão humedecido diariamente (A). Larvas de <i>Zophobas morio</i> a beber (B).	37
Figura 2.7. Modelo da caixa utilizado no crescimento das larvas.	38
Figura 2.8. Recolha das larvas do substrato (A). Pesagem das larvas (B). Esterilização das caixas de crescimento (C). Colocação do substrato correspondente (D). Colocação das jovens larvas no substrato (E). Isolamento das larvas em grupos de 10 a 10 para posterior pesagem (F).	39
Figura 2.9. Instrumentos de peneiração das larvas do substrato (A). Pesagem do peso final das larvas (B). Embalamento das larvas (C). Identificação das amostras (D). Colocação das larvas em congelados -20°C.....	39
Figura 2.10. Moinho utilizado para moer as larvas.	40
Figura 2.11. Balança para determinação de humidade das larvas.	41
Figura 2.12. Equipamento para determinação da Fibra (NDF e ADF).	41
Figura 2.13. Determinação do teor de gordura das larvas.	42
Figura 2.14. Colocação de uma pastilha de catalisador em cada amostra (A). Mineralização da matéria orgânica (M.O.). (B). Digestão (C). Determinação do azoto total (D).	42

Figura 2.15. Leitura das digestões nitroperclóricas em espectrofotómetro de absorção atómica.....	43
Figura 3.1. Tempo médio de crescimento das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com a dieta estuda.	47
Figura 3.2. Evolução da massa das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com a dieta (valores reais, estimados e GMD (taxa)).	49
Figura 3.3. Evolução do comprimento das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> de acordo com a dieta (valores reais, estimados e CMD (taxa)).	51
Figura 3.4. Taxa de mortalidade da espécie <i>Tenebrio molitor</i> , de acordo com a dieta.....	52
Figura 3.5. Correlação do comprimento e da massa das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> para as dietas estudadas. A – Dieta A; B – Dieta B; C – Dieta C; D – Dieta D.	53
Figura 3.6. Tempo médio de crescimento das larvas de <i>Zophobas morio</i> de acordo com a dieta estudada.	55
Figura 3.7. Evolução da massa das larvas de <i>Zophobas morio</i> de acordo com a dieta (valores reais, estimados e GMD (taxa)).	57
Figura 3.8. Evolução do comprimento das larvas de <i>Zophobas morio</i> de acordo com a dieta (valores reais, estimados e CMD (taxa)).	59
Figura 3.9. Taxa de mortalidade da espécie <i>Zophobas morio</i> , de acordo com a dieta.....	60
Figura 3.10. Correlação do comprimento e da massa das larvas de <i>Zophobas morio</i> para as dietas estudadas. A-Dieta A; B-Dieta B; C-Dieta C e D-Dieta D	61



ESTADO DA ARTE- PRODUÇÃO DE INSETOS

1.1. Vantagens da produção de insetos

Os insetos como fonte de alimento estão a receber muita atenção nos últimos cinco anos e isso é evidenciado pelo número crescente de publicações científicas e de empresas que têm investido na produção (Huis, 2019).

A população mundial deverá alcançar os nove mil milhões de pessoas até 2050 e do mesmo modo a procura por produtos de origem animal irá aumentar para mais do dobro (IPIFF, 2018; Hopley, 2016). A par deste crescimento a produção mundial de carne também aumentará em 20% até 2030, segundo as projeções divulgadas pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) destacando-se que 77% deste aumento se irá dar nos países em desenvolvimento (EFE, 2018).

Vivemos uma era em que também se fala das crescentes ameaças à soberania alimentar tais como as alterações climáticas e o esgotamento de recursos naturais (Poshadri *et al.*, 2018; Spang, 2013), enfrentamos a escassez de terra para culturas aráveis, particularmente no continente americano com a destruição de florestas para transformação em pastagens ou campos de produção de soja (Morton *et al.*, 2006) e a escassez de água, uma vez que se estima que a agricultura e a pecuária consumam 70% da água doce (Chang *et al.*, 2019; Huis, 2013).

Os custos das matérias-primas utilizadas como recursos alimentares, como por exemplo, a soja e a farinha de peixe, são muito elevados e além disso, a sua disponibilidade no futuro será limitada (Makkar *et al.*, 2014).

Assim facilmente se compreende que é necessário encontrar fontes alternativas de proteínas que sejam seguras, ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis. Uma das soluções recentemente apontadas foi a produção de insetos (Premalatha *et al.*, 2011; FAO, 2006).

Os aspetos positivos da utilização de insetos para a alimentação, animal e humana, são diversos e podem constituir uma solução alternativa a muitos dos desafios ambientais impostos pela pecuária convencional.

Os insetos emitem menos gases com efeito de estufa do que a pecuária convencional (Jansson & Berggren, 2015; Oonincx *et al.*, 2010). Oonincx *et al.* (2010) afirmam que a produção de larvas, grilos e gafanhotos emite 100 vezes menos gases com efeito de estufa e 10 vezes menos amónia que a produção de bovinos e suínos.

Os insetos exigem muito menos alimento, por exemplo, a produção de 1 kg de peso vivo de grilos *Acheta domesticus* requer apenas 1,7 kg de alimento composto (Collavo, 2005). De acordo com Costa (2017), a diferença entre a taxa de conversão alimentar - *Feed Conversion Rate* (FCR) obtida para a produção de aves e suínos relativamente à produção de *Tenebrio molitor* não é grande, no entanto, quando comparada a FCR obtida para a produção de bovinos esta diferença torna-se significativamente notória.

A produção pecuária necessita de uma quantidade notável de água (Huis, 2013), principalmente na irrigação das culturas que dão origem aos alimentos compostos (FAO, 2006). Sendo os insetos animais poiquilotérmicos não precisam de dispensar água com a transpiração para manter a sua temperatura corporal baixa, por esta razão, eles são muito mais eficientes em termos de consumo de água (Halloran *et al.*, 2018).

Existem ainda vantagens socioeconómicas ao nível da produção, pois não é necessário um elevado investimento, não são necessários grandes equipamentos ou tecnologias avançadas e é possível produzir em pequenas áreas (Huis *et al.*, 2013).

Além disto tudo, na generalidade dos casos, os insetos edíveis, são boas fontes de proteínas, gordura, vitaminas e minerais (Wemans, 2015).

1.2. Produção e cuidados necessários

No mundo ocidental, são utilizados principalmente sistemas de produção intensivos, nos quais os requisitos dos insetos são atendidos em sistema fechado. A vantagem deste sistema é que ele permite um produto mais controlado, tanto em quantidade como qualidade (Oonincx, 2015).

Embora faltem ainda muitas informações detalhadas, o esquema da produção industrial de insetos está ajustado no controlo do ciclo de vida das espécies produzidas, sendo separadas, tal como as outras produções pecuárias, por fases de reprodução, recria e engorda (Costa *et al.*, 2018; Oonincx, 2015).

O sistema mais comum de produção das larvas é em caixas, que são dispostas em prateleiras de vários níveis (Dossey *et al.*, 2016). Os insetos devem ser produzidos em recipientes apropriados, que assegurem que estes não os conseguem abandonar, devendo para tal, estes recipientes ser de material não ingerível ou degradável pelos insetos, ter altura suficiente para impedir fugas e ter tampa respirável ou rede de contenção (Costa *et al.*, 2018).

O sistema de controlo climático das salas de produção deve ser capaz de manter as condições ambientais adequadas, isto é, uma vez determinada a temperatura ideal para o crescimento e reprodução dos insetos é obtido o conhecimento das condições climáticas da área e da produção de calor metabólico gerada pelos insetos que vai depender da densidade (Dossey *et al.*, 2016). Os mesmos autores referem a importância de existirem trocas de ar nas salas de produção de forma a evitar a estagnação do ar e assim manter os níveis de dióxido de carbono (CO₂) seguros e de outros gases tóxicos e permitir a entrada de oxigénio (O₂).

No que se refere aos substratos utilizados na dieta dos animais, prevê-se que os ingredientes sejam triturados, desidratados, misturados, comprimidos ou fermentados, podendo ainda ser submetidos a condições de temperatura e pressão controlada por tempo variável, de forma a assegurar a qualidade e segurança do substrato final (Costa *et al.*, 2018). De acordo com a IPIFF (2019), os produtores de insetos devem obter apenas substratos legalmente autorizados como alimento para insetos na União Europeia (U.E.) (Quadro 1.1).

Em relação à separação final das larvas do substrato, na maioria das fábricas de produção dos Estados Unidos da América (E.U.A.) os procedimentos de separação são realizados manualmente agitando grandes telas emolduradas de malhas diferentes, para obter larvas de tamanhos diferentes (Dossey *et al.*, 2016). No entanto também já existem equipamentos de peneiração automática (IPIFF, 2019).

Quadro 1.1. Alimentos autorizados e não autorizados para incorporação nos alimentos compostos de insetos na U.E.

Alimentos autorizados para incorporação nas rações de insetos, na U.E	Alimentos não autorizados para incorporação nas rações de insetos, na U.E.
Materiais à base de cereais; Frutas, vegetais e seus produtos derivados; Produtos não vendidos (devido a "defeitos técnicos") de supermercados, indústria de alimentos ou padaria.	Estrume animal e / ou chorume ou outros produtos derivados do aparelho digestivo animal; Excrementos humanos; Resíduos de tratamento de água (por exemplo, lodo industrial) ou fluxos de resíduos sólidos (industrial urbano ou doméstico); Embalagens e as suas partes (por exemplo, plástico e papel); Sementes tratadas com produtos fitofarmacêuticos; Madeira tratada; Produtos derivados de animais provenientes de matadouros ou estabelecimentos de prestação de serviços (por exemplo, proteínas animais transformadas) Resíduos alimentares provenientes de restaurantes, estabelecimentos de restauração e uso doméstico; Alimentos que contêm materiais de origem animal (excluindo ovos, leite e seus produtos derivados).

Fonte: IPIFF (2019)

No que diz respeito a densidades e canibalismo, de acordo com Grau *et al.* (2017), o consumo individual das larvas e o seu peso estão diretamente relacionados com a densidade de larvas presentes no substrato, ou seja, um aumento de densidade de 12 para 96 larvas/ dm² reduz a produção de larvas em 22%.

Spang (2013) constatou que a inibição da pupação e o canibalismo estão associados ao aumento da densidade dos tenebrionídeos. Já Weaver & McFarlane (1990) verificaram que a ocorrência de transformações incompletas e taxas de crescimento baixas estão diretamente relacionadas com a menor oportunidade de alimentação que está associada ao aumento da densidade e por consequência à competição pelo alimento. Mais importante, sabe-se que o aumento da densidade de larvas reduz a eficiência de conversão de alimentos em *Tenebrio molitor* (Morales-Ramos, 2010).

Zaelor & Sangvorn (2018), concluíram que a espécie *Zophobas morio* tem uma taxa de canibalismo mais elevada do que a de *Tenebrio molitor* pelo facto de serem menos ativos durante longos períodos de tempo durante cada muda.

No Quadro 1.2. apresentam-se as densidades utilizadas em diversos estudos para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio*.

Quadro 1.2. Densidades recomendadas ou utilizadas, segundo alguns trabalhos já realizados com as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio*.

Espécie	Densidade utilizada (nº de larvas)	Tamanho da caixa	Referência
<i>Tenebrio molitor</i>	400	(40x30x25cm)	(Alves <i>et al.</i> , 2016)
	50	(17,5x9,3x6,3cm)	(Oonincx <i>et al.</i> , 2015)
	100, 300, 500 e 700	(16x21,5x7cm)	(Park <i>et al.</i> , 2012)
<i>Zophobas morio</i>	50	(17,5x9,3x6,3cm)	(Oonincx <i>et al.</i> , 2015)

1.2.2. Exigências nutricionais dos insetos

Um conhecimento profundo da nutrição dos insetos é essencial para a compreensão da biologia dos insetos (Resh & Cardé, 2009). Muitos fatores nutricionais importantes ou essenciais para crescimento, desenvolvimento e reprodução foram identificados e o sucesso foi alcançado na alimentação e produção de várias espécies (Thompson & Hagen, 1999).

A nutrição de qualquer organismo, incluindo a dos insetos, pode ser focada sob o ponto de vista qualitativo, isto é, nutrientes exigidos sob o ponto de vista químico, e quantitativo, ou seja, a quantidade de alimento ingerido, digerido, assimilado e convertido em tecidos de crescimento (Panizzi & Parra, 2009). A maioria das espécies de insetos que são produzidas para alimentação são omnívoras no seu ambiente natural o que faz com que tenham uma flexibilidade nutricional e que possam consumir alimentos de diversas origens. No entanto, as suas necessidades nutricionais são complexas e difíceis de determinar (Morales-Ramos *et al.*, 2014). A necessidade dos insetos para alguns nutrientes é evidente em alguns dias e certamente dentro de uma única geração, isto aplica-se particularmente aos macronutrientes como as proteínas, os hidratos de carbono e alguns lípidos. No entanto as necessidades dietéticas dos micronutrientes como as vitaminas e os minerais podem levar duas ou mais gerações a ser evidenciadas, pois a necessidade nutricional destes elementos é pequena e é normalmente suprida a partir de fontes maternas (Chapman *et al.*, 2013).

Uma larva tende a escolher um alimento apropriado para consumi-lo em proporções balanceadas de forma a promover um ótimo crescimento e desenvolvimento, dando origem a um adulto que seja reprodutivamente competitivo. O número de mudas não é constante, na maioria dos insetos, vários fatores além dos intrínsecos da própria espécie podem contribuir para que ocorra esta variação incluindo a própria dieta. O processo de muda requer um alto custo energético e o conteúdo calórico e nutricional de uma cutícula mudada pode representar mais de 20% da produção total de biomassa larval (Panizzi & Parra, 2009).

Os insetos consomem e utilizam uma ampla variedade de proteínas para satisfazer as suas exigências nutricionais em aminoácidos (Resh & Cardé, 2009). O valor de qualquer proteína ingerida pelo inseto vai depender do seu conteúdo em aminoácidos e estes são exigidos em altas concentrações para um ótimo crescimento (Panizzi & Parra, 2009). De modo geral, para o crescimento e desenvolvimento dos insetos, estes necessitam de pelo menos 10 aminoácidos essenciais (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina/tirosina, treonina, triptofano e valina) (Resh & Cardé, 2009). O aumento do teor de proteína na dieta das larvas de *Tenebrio molitor* encurta o tempo de desenvolvimento das mesmas de acordo com os estudos de Morales-Ramos *et al.* (2010) e Morales-Ramos (2013) e aumenta o Ganho Médio Diário - GMD (mg/dia) (Broekhoven *et al.*, 2015). Broekhoven (2015) comprovou que as larvas de tenébrio e zophobas alimentadas com dietas ricas em proteínas têm taxas de mortalidade mais baixas e menor tempo de desenvolvimento quando comparadas com as larvas alimentadas com dietas ricas em amido. Lee *et al.* (2008) observaram que larvas de *Spodoptera littoralis* apresentavam cutículas menos melanizadas quando eram alimentadas com dietas pobres em conteúdo proteico. Rho & Lee (2014) realizaram estudos sobre as necessidades alimentares em proteína e hidratos de carbono nos escaravelhos de *Tenebrio molitor* e concluíram que os escaravelhos autoselecionavam estes macronutrientes num rácio 1:1. O estudo não foi realizado em larvas porém é esperado que a proporção de proteína: hidratos de carbono seja maior que a dos adultos para auxiliar o crescimento rápidos dos tecidos.

As vitaminas são exigidas em pequenas quantidades na dieta, quando elas não podem ser sintetizadas. Estas atuam nos processos metabólicos, fornecendo componentes estruturais das enzimas. As vitaminas do complexo B são essenciais para praticamente todos os insetos. Os coleópteros da família Tenebrionidae, como por exemplo *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio*, necessitam de carnitina, embora outros insetos sejam capazes de sintetizá-la. A

carnitina é quimicamente relacionada à colina. Na oxidação dos ácidos gordos, a carnitina tem uma importante função biológica no transporte da acetil-coenzima (Panizzi & Parra, 2009). A vitamina C (ácido ascórbico) é conhecida por desempenhar um papel no processo de muda (Chapman *et al.*, 2013). O inositol e a colina são constituintes de alguns fosfolípidos, a colina desempenha um papel na espermatogénese e na oogenese, além do seu papel estrutural nos fosfolipídios que são provavelmente necessários em todos os insetos. O inositol é conhecido por ser necessário na ordem Coleóptera e desempenha um importante papel no sistema nervoso (Dossey *et al.*, 2016).

Em relação ao teor de minerais muito pouco se conhece a respeito da nutrição inorgânica de insetos, pois é difícil ser manipulada em dietas artificiais. Sabe-se que os insetos necessitam para o seu crescimento e desenvolvimento de quantidades consideráveis de potássio, fósforo e magnésio e pouco cálcio, sódio e cloro. O ferro é também um mineral muito importante em vários processos metabólicos incluindo reações enzimáticas (Panizzi & Parra, 2009). Já em 1958, Fraenkel conclui que a presença de zinco e potássio é essencial para o crescimento normal das larvas de *Tenebrio molitor* e para a prevenção do aparecimento de uma deficiência de carnitina.

Os hidratos de carbono são a principal fonte de energia dos insetos. Eles podem ser convertidos em gorduras para armazenamento e contribuir para a produção de aminoácidos. Assim, normalmente os insetos exigem grandes quantidades de hidratos de carbono nas suas dietas (Panizzi & Parra, 2009). Os mesmos autores referem que, no caso de *Tenebrio molitor* o desenvolvimento é ótimo com 70% de hidratos de carbono, porém o crescimento é interrompido quando a dieta contém menos de 40% de hidratos de carbono.

De acordo com Broekhoven (2015) a fonte de amido pode influenciar o desempenho larval, em vez da quantidade total de amido. Por exemplo, o amido da batata é mais resistente à digestão pelos Tenebrionidae do que o amido de trigo ou de milho (Meireles *et al.*, 2009).

Os esteróis são essenciais para quase todos os insetos, uma vez que estes não são capazes de sintetizá-los como fazem os vertebrados. São várias as funções dos esteróis, como promover o crescimento larval, esclerotizar a cutícula, desempenhar funções metabólicas entre outras. Os esteróis têm também importante função estrutural na membrana celular e no transporte de lipoproteínas (Panizzi & Parra, 2009; Behmer & Nes, 2003). As necessidades de esteroide de insetos produzidos em cativeiro podem ser satisfeitas através da incorporação, nas suas dietas, de fontes de colesterol (como gema de ovo, leite, óleo de peixe), de fontes de

fitoesterol (como óleo vegetal de soja ou milho), ou de ergosterol (como leveduras) (Dossey *et al.*, 2016).

As gorduras são a principal forma na qual a energia é armazenada, os insetos utilizam os lípidos e podem sintetizá-los a partir de proteínas e hidratos de carbono (Panizzi & Parra, 2009). Os lipídios são componentes estruturais essenciais da membrana celular fornecendo uma maneira eficiente, uma forma de armazenar e fornecer energia metabólica, e servem como uma barreira para a conservação da água na cutícula de artrópodes. A maioria dos lipídios existe como triglicerídeos consistindo de três moléculas de ácidos gordos ligadas por uma molécula de glicerina. Em geral, as gorduras polinsaturadas, como os ácidos linoleicos e linolénicos são essenciais para a nutrição de insetos, porque eles são incapazes de sintetizá-los completamente ou incapaz de sintetizá-los em quantidades suficiente (Dossey *et al.*, 2016). Os fosfolipídios são um grupo importante de lipídios complexos, que desempenham um papel importante na síntese vitelina e outras lipoproteínas, ingredientes como gema de ovo e a soja são boas fontes de fosfolipídios (Chapman *et al.*, 2013). A adição de baixas concentrações de lípidos aos regimes alimentares é benéfica, por outro lado, grandes quantidades são desfavoráveis e potencialmente nocivas (Morales-Ramos *et al.*, 2013). Além do mais, alimentos com alto teor de gordura promovem a agregação do substrato resultando em menor arejamento e movimento das larvas (Alves *et al.*, 2016).

Broekhoven *et al.* (2015), concluíram que o teor de gordura das larvas de *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* é fortemente influenciado pelo conteúdo de proteínas e amido das suas dietas, sugerindo que as larvas alimentadas com uma dieta de baixa qualidade nutricional provavelmente usam reservas de gordura para obterem energia, reduzindo assim o seu teor de gordura. O substrato de alimentação pode afetar a composição das larvas de *Tenebrio molitor* segundo o estudo de Dreassi *et al.* (2016) especificamente no conteúdo de ácido linolénico e linoleico.

Tenebrio molitor reproduz-se em apenas uma geração por ano quando recebe alimento seco, no entanto, ingerindo água pode ir até seis gerações, no mesmo período (Panizzi & Parra, 2009).

Oonincx *et al.* (2015) constataram que as larvas de tenebrionídeos criadas em substratos secos atingem maiores taxas de crescimento quando existe uma fonte de água. Özsoy (2019), no seu estudo com *Tenebrio molitor*, conclui que quando se fornece água através de um

difusor, as larvas atingem maiores pesos e entram na fase de pupa mais cedo que as larvas que têm como fonte de água rodela de batata.

Já em 1973 Hopkins constatou que a humidade ambiental tem uma relação importante com o crescimento das larvas em *Tenebrio molitor* e que pode influenciar a síntese e composição de reservas lípidicas.

Embora possa ocorrer crescimento dos insetos em dietas com níveis de nutrientes amplamente diferentes, o desempenho ótimo requer que os níveis de nutrientes sejam equilibrados. Um desequilíbrio na dieta pode exigir que o inseto consuma quantidades excessivas de alimento a fim de obter o suficiente de um componente particular, o excesso de outros componentes alimentares pode por exemplo ser tóxico (Chapman *et al.*, 2013).

Os insetos podem também ter relações simbióticas com bactérias, protozoários flagelados, leveduras e fungos. O papel dos simbiontes na nutrição de insetos é muito relevante, assim eles podem ser a fonte principal de alimento, ajudar na digestão pela secreção de enzimas no intestino ou converter internamente o alimento de uma forma não assimilável para uma forma assimilável (Panizzi & Parra, 2009).

1.2.3. Produção de larvas de *Tenebrio molitor*

Tenebrio molitor é uma espécie da família Tenebrionidae, que tem um ciclo de vida caracterizado por quatro fases de desenvolvimento (Figura 1.1), ovo, larva, pupa e adulto (escaravelho). Este escaravelho alimenta-se principalmente de materiais farináceos e é geralmente encontrado em moinhos de farinha, celeiros, etc., sendo considerado uma praga (Ribeiro, 2017; Spang, 2013).

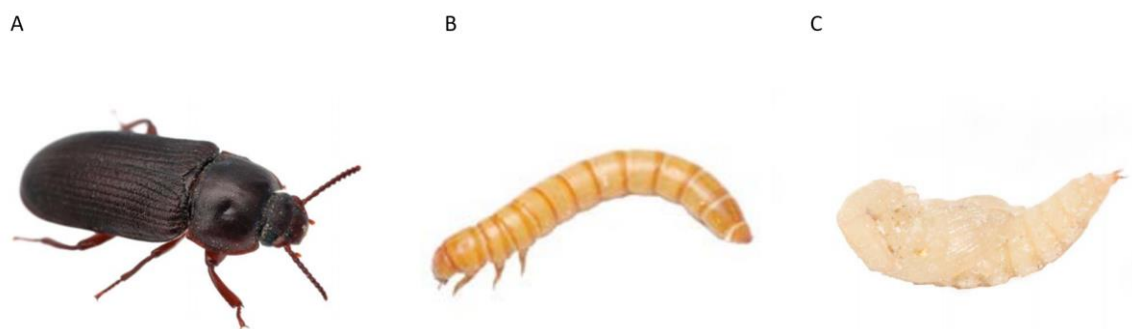


Figura 1.1 Ciclo de vida de *Tenebrio molitor*. A – Adulto (Escaravelho), B -Larva e C- Pupa.

Fonte: IPIFF (2019).

As larvas medem aproximadamente 2,5 a 3,5 cm de comprimento e atingem um peso de 0,2g (Feng, 2018). O número de mudas, que ocorre durante esta fase, pode variar de 9 a 20 dependendo de vários fatores, incluindo a temperatura, a humidade relativa, a concentração de oxigénio, a densidade populacional, a idade dos reprodutores e a qualidade do alimento, normalmente o número de mudas aumenta em resposta a condições adversas (Morales-Ramos *et al.*, 2015). A duração do período de larva varia de 57 dias em condições controladas a 629 dias em condições ambientais naturais (Ribeiro *et al.*, 2018). A taxa de crescimento das larvas de tenébrio é altamente dependente da humidade com maiores taxas de crescimento entre os 90% e os 100% (Hardouin & Mahoux, 2003).

A fase de pupa dura 7 a 9 dias a 25°C e até 20 dias se as temperaturas forem muito baixas (Makkar *et al.*, 2014).

Os jovens adultos emergem como escaravelhos brancos e com um exoesqueleto muito mole escurecendo gradualmente até ficarem completamente negros (Spang, 2013). Ribeiro *et al.* (2018) referem que o acasalamento e a postura começam 3 dias após a emergência do escaravelho. As fêmeas adultas de *Tenebrio molitor* colocam uma média de 500 ovos, 4 a 17 dias depois da cópula (Alves *et al.*, 2016). A postura não ocorre quando a temperatura ambiente é inferior a 14°C e humidade relativa é inferior a 65%, mas mesmo quando a

temperatura é a ideal, cerca de 27°C, se a humidade relativa continuar baixa (20%), a postura é significativamente reduzida devido à perda de humidade corporal dos escaravelhos (Ribeiro *et al.*, 2018). Os ovos, minúsculos, são brancos, esféricos e pegajosos (Hill, 2002).

O desenvolvimento embrionário dura de 4 a 7 dias, podendo acelerar com aumento da temperatura (Alves *et al.*, 2016; Spencer & Spencer, 2006) os ovos eclodem rapidamente com temperaturas de 26 a 30°C mas podem demorar mais de 30 dias se a temperatura for inferior a 15°C (Ribeiro *et al.*, 2018). Os escaravelhos têm uma longevidade de 60 a 80 dias (Lainez, 2017).

No Quadro 1.3. apresentam-se o comprimento (mínimo, médio e máximo), em mm, das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com estudos já realizados e no Quadro 1.4. apresentam-se a massa (mínima, média e máxima), em mg, das larvas de *Tenebrio molitor* também de acordo com estudos já realizados.

Quadro 1.3. Comprimento (mínimo, médio e máximo), em mm, das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com estudos já realizados.

Mínimo (mm)	Médio (mm)	Máximo (mm)	Referência
12		32	(Selaledi <i>et al.</i> , 2019)
		31,6	(Park <i>et al.</i> , 2014)
20		32	(Makkar <i>et al.</i> , 2014)
	28		(Spang, 2013)
20		25	(Ghaly & Alkoaik, 2009)
	16 ± 2,0		(Barker <i>et al.</i> , 1998)

Quadro 1.4. Massa (mínima, média e máxima), em mg, das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com estudos já realizados.

Mínima (mg)	Média (mg)	Máxima (mg)	Referência
	76,0		(Lainez, 2017)
		220	(Kim <i>et al.</i> , 2016).
130		160	(Makkar <i>et al.</i> , 2014).
		134	(Elorduy <i>et al.</i> , 2002).

A temperatura ideal de crescimento de *Tenebrio molitor* varia entre os 25 e os 28 °C segundo diversos autores (Kim *et al.*, 2015; Koo *et al.*, 2013; Spencer & Spencer 2006).

A temperatura influencia o desenvolvimento das larvas. Temperaturas abaixo de 10°C e acima de 35°C claramente constituem condições de stress para as larvas de *Tenebrio molitor*, embora a temperatura letal mínima seja abaixo de 7°C e a temperatura letal máxima seja acima de 44°C (Ribeiro *et al.*, 2018). No caso da temperatura ótima para a incubação dos ovos, Siemianowska *et al.* (2013) referem que deverá estar entre os 25 e os 27°C.

O Quadro 1.5 apresenta as diferentes temperaturas média, mínima e máxima já relatadas em ensaios com *Tenebrio molitor* por diversos autores.

Quadro 1.5. Temperatura média, mínima e máxima (°C) para a produção de larvas de *Tenebrio molitor*.

Temperatura média (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Referência
25 ± 1			(Mancini <i>et al.</i> , 2019)
25			(Zaelor & Sangvorn, 2018)
28 ± 2			(Junior <i>et al.</i> , 2018)
27 ± 1			(Dreassi <i>et al.</i> , 2017)
25			(Lainez, 2017)
	25	27,5	(Young <i>et al.</i> , 2015)
28			(Broekhoven <i>et al.</i> , 2015)
27±2			(Morales-Ramos <i>et al.</i> , 2015)
	17	30	(Koo <i>et al.</i> , 2013)
	20	30	(Spang, 2013)
25 ± 5			(Park <i>et al.</i> , 2012)

As larvas de *Tenebrio molitor* são mais flexíveis à humidade relativa justificando os valores amplos encontrados em diversos trabalhos. Nos estudos já realizados foi encontrado um intervalo ótimo situado entre os 60 e os 75% (Ribeiro, 2017).

Alguns autores, sugerem que a taxa de crescimento das larvas aumenta com o aumento do teor de humidade relativa, mas que este aumento é um perigo para o desenvolvimento de fungos no substrato de alimentação e consequente aumento da mortalidade (Spang, 2013; Hardouin & Mahoux, 2003).

No Quadro 1.6. apresentam-se a humidade relativa (%) média, mínima e máxima utilizada em diversos estudos para a produção de larvas de *Tenebrio molitor*.

Quadro 1.6. Humidade Relativa (%) média, mínima e máxima utilizada em diversos estudos para a produção de larvas de *Tenebrio molitor*.

H.R. (%) média	H.R. (%) mínima	H.R. (%) máxima	Referência
70 ± 10	50	60	(Mancini <i>et al.</i> , 2019)
			(Júnior <i>et al.</i> , 2018)
40 a 50	70	80	(Zaelor & Sangvorn, 2018)
			(Dreassi <i>et al.</i> , 2017)
50			(Lainez, 2017)
65 ± 7			(Morales-Ramos <i>et al.</i> , 2015)
65			(Broekhoven <i>et al.</i> , 2015)
65 ± 10			(Park <i>et al.</i> , 2012)
50 ± 5			(Morales-Ramos <i>et al.</i> , 2010)
	60	70	(Spencer & Spencer, 2006)

Poucas investigações foram realizadas sob o efeito das condições de produção e os efeitos dos diferentes substratos no desenvolvimento e nas características químico-biológicas das larvas de tenébrio (Júnior *et al.*, 2018; Broekhoven *et al.*, 2015; Young *et al.*, 2015), a maioria dos estudos destacou a plasticidade de *Tenebrio molitor* em relação ao substrato com variações no tempo de desenvolvimento e nos valores nutricionais das larvas. Farinha ou farelo de trigo, aveia e milho são os mais usados como alimento base na produção de *Tenebrio molitor* (Özsoy, 2019).

Alguns dos estudos que analisaram a influência da dieta no tempo de desenvolvimento das larvas estão apresentados no Quadro 1.7.

Quadro 1.7. Tempo médio de desenvolvimento das larvas de *Tenebrio molitor* obtidos de acordo com alimentação utilizada.

Tempo médio total de desenvolvimento das larvas	Tipo de dieta utilizada	Referência
Não existiram diferenças significativas entre as dietas (variou entre 110,6 a 121,1)	D1 – 100% farelo de trigo. D2- 75% farelo de trigo e 25% farelo de milho. D3- 50% farelo de trigo e 50% de farelo de milho D4- 25% de farelo de trigo e 75% de farelo de milho. D5- 100% farelo de milho.	(Júnior <i>et al.</i> , 2018)
D1. 79 dias D2. 95 dias D3. 168 dias D4. 95 dias (valores correspondentes ao tempo que as larvas demoram a atingir os 50% de pupas na caixa)	D1. 10% milho DDGS + 40% de levedura de cerveja + 10% de restos de padaria + 40% de casca de batata D2. 20% de milho DDGS + 40% de levedura de cerveja + 10% de restos de padaria + 30% de grãos usados D3. 5% de leveduras de cerveja + 10% de restos de padaria + 85% de casca de batata D4. 10% de leveduras de cerveja + 50% de restos de padaria + grãos usados	(Broekhoven, 2015)
151,07 ± 22,6 dias	80% Farelo de trigo e 20% de suplemento composto de batata seca, clara de ovo, proteína de soja e óleo de amendoim (80:10:5:5)	(Morales-Ramos <i>et al.</i> , 2015)
D1- 132,54±0,50 D2-102,18±10,53 D3-93.63±10,31 D4- 83,81±7,66	D1- 100% farelo de trigo. D2- 80% de farelo de trigo e 20% de batata desidratada. D3- 80% de farelo de trigo, 19% de batata desidratada e 1% de clara de ovo. D4- 80% de farelo de trigo, 18% de batata desidratada e 2% de clara de ovo	(Morales-Ramos <i>et al.</i> , 2010)
2,5 a 3 meses	Farelo de aveia, levedura de cerveja, pão seco e vegetais	(Spencer & Spencer, 2006)

1.2.4. Produção de larvas de *Zophobas morio*

Zophobas morio é uma espécie conhecida popularmente como tenébrio gigante, sendo encontrado na América do Sul e Central e vulgarmente produzido na Europa e EUA (Silva, 2017). É um inseto que pertencente à ordem Coleóptera e à família Tenebrionidae e que tem um ciclo de vida de quase 6 meses (Leung *et al.*, 2012) (Figura 1.2).



Figura 1.2 Ciclo de vida de *Zophobas morio*. A- Adulto – Escaravelho, B – Larva, C – Pupas.

Fonte: IPIFF (2019).

A larva eclode com comprimento máximo de 2,5 mm e, antes de atingir a fase de pupa, podem atingir os 6 cm (Couto-Ferreira *et al.*, 2010). É uma espécie terrestre cujo adulto é um escaravelho que alcança um comprimento total de 30 a 34 mm e uma largura de 10 mm. Este pode viver no máximo 12 meses e inicia o acasalamento pouco tempo após a metamorfose, quase sempre as fêmeas desta espécie colocam mais de 1500 ovos ao longo da sua vida (Bruse *et al.*, 2004). Os ovos possuem um comprimento médio de 1,3 mm (Chastain, 2018). De acordo com Kim *et al.* (2015), o tempo médio de incubação dos ovos é de 8 a 9 dias. Os mesmos autores concluíram que as larvas de *Zophobas morio* passam por 15 a 18 mudas durante o seu ciclo de vida, mas segundo Connat *et al.* (1991), o número de mudas pode variar de 8 a 20 dependendo de vários fatores extrínsecos e intrínsecos tais como a qualidade dos alimentos e a densidade. Kim *et al.* (2015) referem que é necessário o isolamento das larvas na fase final para que ocorra a fase de pupa, uma vez que, esta espécie é bastante canibal. Ichikawa & Kurauchi (2009) concluíram que as larvas de *Zophobas* privadas de água são fortemente canibais. Quennedey *et al.* (1995) referem que são necessários 4 a 6 dias de isolamento das larvas para que se realize o início da metamorfose.

Os mesmos autores afirmam que após o isolamento, as larvas apresentam um comportamento imóvel e uma postura enrolada.

Quando a temperatura é de 27°C o desenvolvimento das pupas tem a duração de 6 a 8 semanas e atingem um tamanho de 3 a 4 cm (Chastain, 2018). Arellano & Velásquez (2016), referem que numa caixa de reprodutores devem constar 70% de escaravelhos fêmeas e 30% de escaravelhos machos.

O facto de se apontar esta espécie para produção industrial está baseada na sua fertilidade extremamente alta, ciclo de vida curto e alta conversão alimentar (Pushkin *et al.*, 2018). De facto, a conversão do alimento no estágio de larva, nestes insetos, pode chegar a 80% (EFSA, 2015).

No Quadro 1.8. apresenta-se o comprimento (mínimo, médio e máximo), em mm, das larvas de *Zophobas morio* de acordo com estudos já realizados e no Quadro 1.9. apresenta-se a massa (mínima, média e máxima), em mg, das larvas de *Zophobas morio* também de acordo com estudos já realizados.

Quadro 1.8. Comprimento mínimo, médio e máximo, em mm, de acordo com estudos realizados com *Zophobas morio*.

Mínimo (mm)	Médio (mm)	Máximo (mm)	Referência
40	50		(Arellano & Velásquez, 2016)
		60	(Leung <i>et al.</i> , 2012)
	60		(Schulte, 2006)
	55		(Friederich & Volland, 2004)
	32 ± 3,0		(Barker <i>et al.</i> , 1998)

Quadro 1.9. Massa mínima, média e máxima, em mg, de acordo com estudos realizados com *Zophobas morio*.

Mínima	Média	Máxima	Referência
	558		(Finke, 2015)
	600 ± 10		(Barker <i>et al.</i> , 1998)

Como referido anteriormente os insetos são poiquilotérmicos e portanto a sua taxa de desenvolvimento aumenta ou diminui à medida que a temperatura aumenta ou diminui respetivamente, dentro de determinados intervalos. No Quadro 1.10 apresenta-se a

temperatura mínima, média e máxima em °C, de diversos estudos para a produção da espécie *Zophobas morio*.

Quadro 1.10. Temperatura mínima, média e máxima, em °C, utilizada em diversos estudos para a espécie *Zophobas morio*.

Mínimo (°C)	Médio (°C)	Máximo (°C)	Referência
	25		(Zaelor & Sangvorn, 2018)
	27		(Chastain, 2018)
27	29	32	(Arellano & Velásquez, 2016)
	28		(Broekhoven, 2015)
	23±3		(Kim <i>et al.</i> , 2015)
	26±1		(Ichikawa & Kurauchi, 2009)
24		29	(Schulte, 2006)

Todos os insetos têm uma camada cerosa na cutícula externa que impermeabiliza contra a perda de humidade, no entanto, existem perdas por respiração e pelas fezes (Child, 2007).

No Quadro 1.11 está apresentada a humidade média, mínima e máxima em % de acordo com diversos estudos para a espécie *Zophobas morio*.

Quadro 1.11. Humidade Relativa média, mínima e máxima, em %, de acordo com diversos estudos para a espécie *Zophobas morio*.

Média (%)	Mínima (%)	Máxima (%)	Referência
60			(Chastain, 2018)
	70	80	(Zaelor & Sangvorn, 2018)
	50	70	(Kim <i>et al.</i> , 2015)
65			(Broekhoven, 2015)
	60	75	(Leung <i>et al.</i> , 2012)

Poucos foram os estudos que realizaram ensaios nutricionais com a espécie *Zophobas morio*. No Quadro 1.12 está apresentado o tempo médio de desenvolvimento das larvas de *Zophobas morio*.

Quadro 1.12. Tempo médio de desenvolvimento das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta utilizada.

Tempo médio total de desenvolvimento das larvas	Tipo de dieta utilizada	Referência
D1. 117 dias D2. 103 dias D3. 225 dias D4. 152 dias (valores correspondentes ao tempo que as larvas demoram a atingir os 50% de pupas na caixa)	D1. 10% milho DDGS + 40% de levedura de cerveja + 10% de restos de padaria + 40% de casca de batata D2. 20% de milho DDGS + 40% de levedura de cerveja + 10% de restos de padaria + 30% de grãos usados D3. 5% de leveduras de cerveja + 10% de restos de padaria + 85% de casca de batata D4. 10% de leveduras de cerveja + 50% de restos de padaria + 40% grãos usados	(Broekhoven, 2015)

1.3.Composição química de insetos

O valor nutricional dos insetos não é constante, este pode ser afetado por vários fatores, tais como: a espécie, as tecnologias de produção, a nutrição, fase de desenvolvimento e o gênero (Adámková *et al.*, 2016; Jansson & Berggren, 2015; Finke & Oonincx, 2014).

Foi comprovado que os insetos possuem um valor nutricional alto, especialmente a fração proteica em termos de composição de aminoácidos (Payne *et al.*, 2015). Vários estudos também investigaram o seu conteúdo em minerais, vitaminas e ácidos gordos (Adámková *et al.*, 2016; Rumpold & Schluter, 2013; Belluco *et al.*, 2013). Alguns estudos demonstram que os insetos também possuem altas concentrações lipídicas (Elhassan *et al.*, 2019). O estudo de Rumpold & Schluter (2013), demonstrou que os insetos também são uma fonte de minerais como cobre, ferro, magnésio, manganês, selênio e zinco.

No Quadro 1.13 apresentam-se os teores de humidade para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* de estudos já realizados, assim como, valores de humidade de espécies pecuárias convencionais e da soja.

A maioria dos insetos contém pequenas quantidades de cinza porque não possuem esqueleto calcificado que é encontrado nos vertebrados (Finke, 2004). No Quadro 1.14 estão

resumidos os teores de cinza para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* de estudos já concretizados, assim como, valores de cinza de espécies pecuárias convencionais e da soja.

Os insetos são também uma fonte considerável de gordura. Além da quantidade notável verificada nas diferentes espécies, o teor de gordura dos insetos apresenta um valor adicional referente aos seus ácidos gordos (Rumpold & Schluter, 2013). O tipo de gordura também varia muito entre as diferentes espécies, bem como entre os estágios de desenvolvimentos de uma espécie (Finke, 2004; Oonincx, 2015), pode também ser afetado pela composição da dieta (Fasel *et al.*, 2017; Mariod *et al.*, 2011). Já em 1984 Cookman *et al.*, afirmaram que a composição dos ácidos gordos dos insetos nem sempre corresponde diretamente à da dieta, sugerindo que existe uma acumulação ou síntese.

A razão entre os três tipos de ácidos gordos *Saturated Fatty Acids* (SFA), *Monounsaturated Fatty Acids* (MFA) e *Poliunsaturated Fatty Acids* (PUFA) é importante por questões de saúde (Belluco *et al.*, 2013; Chow, 2008). Para a maioria das espécies de insetos mais de metade dos ácidos gordos são insaturados (Oonincx, 2015).

Oonincx *et al.* (2019), concluíram que a adição de 4% de óleo de linhaça à dieta de três espécies de insetos aumentou o conteúdo de ácidos gordos n-3 em 10 a 20 vezes e diminuiu fortemente a proporção de n-6/n-3.

No Quadro 1.15 estão representados os teores de gordura bruta para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* de estudos já executados, assim como, das espécies pecuárias convencionais e da soja. No Quadro 1.16, estão apresentados o perfil de ácidos gordos para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio*, assim como, da carne de bovino.

A proteína é normalmente o nutriente presente em maior quantidade variando de acordo com a espécie (Huis *et al.*, 2013). Na generalidade dos insetos o teor de proteína pode atingir os 40 a 60% na matéria seca (Alves *et al.*, 2016; Makkar *et al.*, 2014). Embora o teor de proteína seja bastante elevado deve-se ter em conta a qualidade nutricional da proteína que é determinada pelo seu conteúdo em aminoácidos e pela sua digestibilidade. O conteúdo de proteínas é normalmente determinado pela multiplicação do teor de azoto pelo fator 6,25 conhecido como o conteúdo de proteína bruta o problema é que este método não tem em conta outros compostos que contêm azoto como por exemplo a quitina o que pode levar à sobrevalorização da proteína (Oonincx, 2015).

É fundamental a razão entre os aminoácidos essenciais e não essenciais (Wemans, 2015). Segundo alguns autores (Makkar *et al.*, 2014; Finke, 2004;), em relação ao perfil de aminoácidos, algumas espécies têm conteúdos limitados de metionina, triptofano, lisina e em alguns casos histidina. O estudo realizado por Ramos-Elorduy *et al.* (2002) em larvas de *Tenebrio molitor* verificou que quando as larvas são alimentadas com dietas diferentes o seu conteúdo em proteína bruta não é significativamente diferente no entanto existem diferenças no perfil de aminoácidos.

No Quadro 1.17 estão representados os teores de proteína bruta para as espécies de *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* de estudos já realizados e os valores de proteína bruta de espécies pecuárias convencionais e da soja. No Quadro 1.18 estão apresentados o perfil de aminoácidos para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* em comparação com a carne de bovino.

Trabalhos já realizados demonstram que os insetos comestíveis são ricos em minerais tais como o potássio e sódio (ninfas de grilo), cálcio (grilo adulto), cobre (larvas), ferro, zinco, manganês e fósforo (Bernard & Womeni, 2017). Normalmente os insetos contêm pouco cálcio e altos níveis de fósforo mas quando estes são criados em cativeiro os valores de cálcio são em geral mais elevados devido à sua alimentação (Oonincx, 2015; Finke, 2004). De acordo com Sirimungkararat *et al.* (2010), os insetos contêm parcialmente mais ferro e cálcio do que a carne bovina, suína e de aves.

Todos os insetos contêm altos níveis de fósforo. Para a maioria dos animais monogástricos, o fósforo proveniente de fontes animais é praticamente 100% disponível, enquanto o fósforo à base de plantas é aproximadamente 30% disponível. É provável que fósforo na maioria dos insetos esteja prontamente disponível (Finke, 2004).

A generalidade dos insetos parece ser uma boa fonte de minerais como o ferro, zinco, cobre, manganês e selênio (Johnson & Shono, 2010; Finke, 2004). Algumas espécies de insetos, que são consideradas pragas de produtos armazenados contêm níveis elevados de zinco e manganês nas suas mandíbulas, provavelmente para endurecê-las a fim de melhor penetrar nas sementes inteiras (Morgan *et al.*, 2003). A composição mineral dos insetos, em geral, reflete, em grande medida, as fontes de alimento do inseto e a composição do trato gastro-intestinal (Finke, 2004).

No Quadro 1.19 estão apresentados os teores de minerais para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* de acordo com trabalhos já realizados, em comparação com as principais espécies pecuárias e a soja.

Em geral os hidratos de carbono estão presentes em quantidades relativamente pequenas nos insetos (Finke, 2004). De acordo com Ramos-Elorduy *et al.* (2002), o teor de hidratos de carbono na larvas de *Tenebrio molitor* pode variar entre 1 a 7% na M.S. dependendo da dieta fornecida. Considera-se que a maior parte da fibra presente nos insetos esteja sob a forma de quitina, que é o constituinte principal do exosqueleto dos insetos (Wemans, 2015).

Quadro 1.13. Valores de Humidade para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* (%) de acordo com estudos já realizados e para as espécies pecuária convencionais e soja (g/100g de parte edível).

Espécie	Produto	Teor de humidade	Referencia
<i>Tenebrio molitor</i>	Larvas	62,87 ± 0,27	(Kröncke <i>et al.</i> , 2019)
		69,8 ± 1,4	(Costa, 2017)
		68,9	(Finke, 2015)
		61,9	(Belluco <i>et al.</i> , 2013)
		56,27 ± 0,127	(Siemianowska <i>et al.</i> , 2013)
		63,5 ± 1,8	(Yi <i>et al.</i> , 2013)
		46,44	(Ravzanaadii <i>et al.</i> , 2012)
		58,1 a 61,5	(Ghaly & Alkoaik, 2009)
<i>Zophobas morio</i>	Larvas	61,9	(Finke, 2004)
		63,0	(Finke, 2015)
		59,9 ± 5,4	(Yi <i>et al.</i> , 2013)
		57,9	(Finke, 2004)
Bovinos	Bife de vaca (valor médio de acém, alcatra e lombo) cru	72,9	(portfir.insa, 2018)
Suínos	Lombo de Porco cru	72,0	
Coelho	Inteiro cru	74,4	
Aves	Frango inteiro com pele cru	66,0	
	Pato inteiro com pele cru	48,4	
	Peru inteiro com pele cru	72,0	
	Ovos de galinha inteiros crus	75,3	
Peixe	Salmão cru	60,5	
Soja	Grão seco cru	10,0	

Quadro 1.14. Valores de Cinzas para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* (%) de acordo com estudos já realizados e para espécies pecuárias convencionais e soja (g/100g de parte edível).

Espécie	Produto	Teor de cinzas	Referencia
<i>Tenebrio molitor</i>	Larvas	3,1 ± 0,9	(Feedipedia, 2019)
		3.27 ± 0,12	(Kröncke <i>et al.</i> , 2019)
		1,23	(Costa, 2017)
		4,04 ± 0,13	(Ghosh <i>et al.</i> , 2017)
		1,55 ± 0,114	(Siemianowska <i>et al.</i> , 2013)
		3,08	(Rumpold & Schluter, 2013)
		2,84	
		2,36	
		3,00	
		4,30	
		2.86	(Ravzanaadii <i>et al.</i> , 2012)
		1,8 a 2,2	(Ghaly & Alkoaik, 2009)
		2,4	(Finke, 2004)
<i>Zophobas morio</i>	Larvas	3,50	(Rumpold & Schluter, 2013)
		2,33	
		2,4	(Finke, 2004)
Bovinos	Bife de vaca (valor médio de acém, alcatra e lombo) cru	1,10	(portfir.insa, 2018)
Suínos	Lombo de Porco cru	1,10	
Aves	Frango inteiro com pele cru	0,88	
	Peru inteiro com pele cru	1,15	
Peixe	Salmão cru	1,30	
Soja	Grão seco cru	5,00	

Quadro 1.15. Valores de Gordura Bruta para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* (%) de acordo com estudos já realizados e para espécies pecuárias convencionais e soja (g/100g de parte edível).

Espécie		Teor de Gordura Bruta	Referencia
<i>Tenebrio molitor</i>	Larvas	36,1 ± 4,1	(Feedipedia, 2019)
		27,13 ± 0,03	(Kröncke <i>et al.</i> , 2019)
		34,54 ± 0,87	(Ghosh <i>et al.</i> , 2017)
		10,4± 1,2	(Costa, 2017)
		17,0 ± 1	(Adámková, 2016)
		8,2	(Finke, 2015)
		21,93 ± 0,577	(Siemianowska <i>et al.</i> , 2013)
		9,9 ± 1,0	(Yi <i>et al.</i> , 2013)
		43,08	(Rumpold & Schluter, 2013)
		38,07	
		35,17	
		37,70	
		31,10	
		32,7	(Ravzanaadii <i>et al.</i> , 2012)
		12,0 a 12,5	(Ghaly & Alkoaik, 2009)
<i>Zophobas morio</i>	Larvas	35,0	(FinKe, 2004)
		43,54 ± 0,47	(Araújo <i>et al.</i> , 2019)
		39,0 ± 0,4	(Adámková, 2016)
		14,4	(Finke, 2015)
		40,80	(Rumpold & Schluter, 2013)
		42,04	
		16,0 ± 0,7	(Yi <i>et al.</i> , 2013)
		42,0	(FinKe, 2004)
Bovinos	Bife de vaca (valor médio de acém, alcatra e lombo) cru	4,3	(portfir.insa, 2018)
Suínos	Lombo de Porco cru	4,7	
Coelho	Inteiro cru	4,0	
Aves	Frango inteiro com pele cru	13,6	
	Pato inteiro com pele cru	38,3	
	Peru inteiro com pele cru	6,1	
	Ovos de galinha inteiros crus	10,8	
Peixe	Salmão cru	21,9	
	Robalo cru	7,9	
Soja	Grão Seco cru	19,3	

Quadro 1.16. Perfil de ácidos gordos (g/Kg) e colesterol (mg/Kg) das espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* em comparação com o perfil de ácidos gordos da carne de bovino (g/100g de parte edível).

Ácidos gordos	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Zophobas morio</i>	Bovinos
Caprílico C8:0	<0,07	0,71	
Cáprico C10:0	<0,07	0,13	
Láurico C12:0	0,11	<0,07	
Mirístico C14:0	1,43	1,67	0,10
Miristoleico C14:1	<0,07	<0,07	0,03
Pentadecanóico C15:0	0,16	0,37	0,01
cis-10- Pentadecenóico C15:1	<0,07	<0,07	
Palmítico C16:0	12,3	35,9	0,61
Palmitoleico C16:1	0,84	1,37	0,08
Heptadecanóico C17:0	0,22	0,75	0,03
cis-10-Heptadecenóico C17:1	<0,07	<0,07	
Esteárico C18:0	2,56	11,5	0,36
Oleíco C18:1	27,3	42,8	1,10
Linoleico C18:2	24,3	26,4	0,20
Gama-Linolénico C18:3	<0,07	<0,07	0,05
Linolénico C18:3	1,03	3,76	
Araquídico C20:0	0,18	0,29	
cis-11-Eicosenoico C20:1	0,19	0,18	0,02
cis-11,14-Eicosadienóico C20:2	<0,07	0,08	
cis-8,11,14-Eicosatrienóico C20:3	<0,07	<0,07	0,02
Araquidónico C20:4	<0,07	0,09	0,08
EPA C20:5	0,22	0,34	0,03
Beénico C22:0	<0,07	0,12	
Erúcico C22:1	<0,07	<0,07	
Linhocérico C24:0	<0,07	<0,07	
Colesterol	513	450	
Referência	(Finke, 2015)		(Costa, 2017)

Quadro 1.17. Valores de Proteína Bruta para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* (%) de acordo com estudos já realizados e para espécies pecuárias convencionais e soja (mg/100g de parte edível).

Espécie	Produtos	Teor de proteína	Referencia
<i>Tenebrio molitor</i>	Larvas	53,53 ± 0,28	(Kröncke <i>et al.</i> , 2019)
		52,8 ± 4,2	(Feedipedia, 2019)
		53,22 ± 0,32	(Ghosh <i>et al.</i> , 2017)
		18,0 ± 1,9	(Costa, 2017)
		63,0 ± 0,4	(Adámková, 2016)
		18,6	(Finke, 2015)
		17,92 ± 0,731	(Siemianowska <i>et al.</i> , 2013)
		19,1 ± 1,3	(Yi <i>et al.</i> , 2013)
		47,18	(Rumpold & Schluter, 2013)
		49,43	
		49,08	
		47,70	
		51,88	
		14 a 25	
		24,3 a 27,6	
		49,1	(Finke, 2004)
<i>Zophobas morio</i>	Larvas	46,80 ± 1,78	(Araújo <i>et al.</i> , 2019)
		39,0 ± 0,1	(Adámková, 2016)
		18,6	(Finke, 2015)
		43,13	(Rumpold & Schluter, 2013)
		46,79	
		20,7 ± 0,3	(Yi <i>et al.</i> , 2013)
		46,8	(Finke, 2004)
Bovinos	Bife de vaca (valor médio de acém, alcatra e lombo) cru	20,9	(portfir.insa, 2018)
Suínos	Lombo de Porco cru	22,2	
Coelho	Inteiro cru	20,2	
Aves	Frango inteiro com pele cru	19,6	
	Peru inteiro com pele cru	20,5	
	Ovos de galinha inteiros crus	13	
Peixe	Salmão cru	16,2	
Soja	Grão Seco Cru	32,8	

Quadro 1.18. Valores de perfil de aminoácidos de *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* e carne de bovinos (mg/g proteína).

Essenciais	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Zophobas morio</i>	Bovinos
Isoleucina	49,4	47,2	16
Leucina	82,2	97,0	42
Lisina	64,9	52,3	45
Metionina	19,5	10,7	16
Fenilalanina	43,7	34,5	24
Treonina	40,8	39,6	25
Triptofano	10,3	9,1	
Valina	69,0	52,3	20
Outros			
Arginina	60,3	48,7	23
Histidina	37,9	30,5	20
Metionina+Cisteína	30,5	18,3	22
Tirosina	79,9	69,5	22
Alanina	80,5	72,6	30
Ácido aspártico			52
Cisteína	10,9	7,6	5,9
Glicina	59,8	48,2	24
Ácido glutâmico	132,8	122,8	90
Prolina	74,1	54,8	28
Serina	54,6	46,7	27
Taurina			
Referência	(Rumpold & Schluter, 2013)		(Huis, 2013)

Quadro 1.19. Valores de teor em minerais para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* de acordo com estudos já realizados em comparação com os valores de teores de minerais de espécies pecuárias convencionais e soja (mg/100g).

Espécie	Produto	Teor de minerais									Referencia
		Ca	Mg	P	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	K	
<i>Tenebrio molitor</i>	.Larvas	270	230	780	1,6	5,7	0,9	11,	90	890	(Feedipedia, 2019)
		78,42	315,23	1039,2	2,00	10,02	1,50	11,74	108,82	737,00	(Ghosh <i>et al.</i> , 2017)
		15,6	62				0,32	4,95	22,5	335	(Finke, 2015)
		47,18	221,54	697,44	1,64	5,51	0,92	11.41	125,38	761,54	(Rumpold & Schluter, 2013)
		44,36	210,54	748,03	1,60	5,41	1,36	13.65	140,94	895,01	
		120,00	280,00	1420,00	1,78	3,97	0,68	13.10			
<i>Zophobas morio</i>	Larvas	43,46	202,7	706,07	1,327	6,7		10,4	364,5	948	(Ravzanaadii <i>et al.</i> , 2012)
		44,0	210	748	1,6	5,4	1,4	13,7	141	895	(FinKe, 2004)
		26,2	43,5				0,37	3,02	38,5	286	(Finke, 2015)
		120,00	180,00	830,00	1,39	5,03	0,15	8,75	112,83	750,59	(Rumpold & Schluter, 2013)
		42,04	118,29	562,95	0,86	3,92	1,02	7,29			
Bovinos	Bife de vaca (valor médio de acém, alcatra e lombo) cru	9,0	23	170		1,4		3,6	60	370	(portfir.insa, 2018)
Suínos	Lombo de Porco cru	7,0	23	220		0,6		1,6	53	400	
Coelho	Inteiro cru	17	20	220		1,0		1,5	58	380	
Aves	Frango inteiro com pele cru	11	23	180		0,8		0,9	70	320	
	Pato inteiro com pele cru	10	15	130		1,9		1,3	68	200	
	Peru inteiro com pele cru	18	10	210		2,0		1,6	49	270	
	Ovos de galinha inteiros crus	44	11	180		2,1		1,3	140	130	
Peixe	Salmão cru	12	23	210		0,5		0,5	38	300	
	Robalo cru	52	38	230		0,4		1,2	95	350	
Soja	Grão Seco Cru	250	250	670		8,0		3,8	4,0	1750	

1.4. Estimativas de curvas de crescimento na produção de insetos

Diversos modelos de regressão não linear estão disponíveis na literatura e são utilizados para modelar dados de crescimento nas mais diversas áreas do conhecimento zootécnico (Cassiano, 2014).

Scapim (2008), refere que a utilização de modelos matemáticos para o estudo de níveis de crescimento em animais é uma prática que pode auxiliar na escolha do melhor método de exploração de determinada espécie zootécnica, permitindo aumentar a eficiência de produção e assim aumentar o lucro dos produtores.

Existem várias aplicações das curvas de crescimento na produção animal podendo-se destacar que estas permitem resumir parâmetros de crescimento da população, permitem estudar a resposta de tratamentos ao longo do tempo, estudar as interações de respostas de tratamentos ao longo do tempo, identificar numa população os animais de maior peso no menor tempo e o peso limite do animal (Freitas, 2007).

De acordo com Zotin (2015), todas as curvas de crescimento animal podem ser divididas em duas grandes categorias: as de crescimento infinito, o tamanho do animal aumenta permanentemente, esse tipo de crescimento é observado na maioria dos animais poiquilotérmicos, e as de crescimento finito, o tamanho do animal atinge o primeiro máximo e depois diminui continuamente, esse crescimento é característico para alguns poiquilotérmicos e para a maioria dos animais homeotérmicos.

As principais funções não-lineares utilizadas para demonstrar o crescimento animal e suas equações estão apresentadas no Quadro 1.20.

Quadro 1.20. Principais funções não lineares usadas para determinação do crescimento animal.

Função	Equação
Gompertz	$y = Ae^{e^{-B(T-k)}}$
Brody	$y = A(1 - be^{-kt})$
Logística	$y = A/(1 + be^{-kt})$
Bertalanffy	$y = A(1 - be^{-Kt})^3$
Richards	$y = A(1 - be^{-Kt})^m$

Fonte: (Fernandes *et al.*, 2013; Cassiano, 2014).

Sendo: Y, o peso corporal à idade t; A, o peso assintótico quando t tende a infinito, ou seja, este parâmetro é interpretado como peso à idade adulta; B, uma constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida, o valor de B é estabelecido pelos valores iniciais de Y e t; k é interpretado como taxa de maturação, que deve ser entendida como a mudança de peso em relação ao peso à maturidade; e m, o parâmetro que dá forma à curva, sua fixação determinará a forma da curva e, consequentemente, o ponto de inflexão (Cassiano, 2014; Fernandes *et al.*, 2013).

A quantidade limitada de informações detalhadas sobre curvas de crescimento em larvas de insetos deve-se em grande medida ao facto de existirem várias condicionantes tais como, os ínstares larvares que tornam complexas as curvas de crescimento, assim como, as medidas de crescimento instantâneo devem ter em linha de conta as condições ambientais e a qualidade dos alimentos (Tammaru & Esperk, 2007).

Há muito tempo se sugere que o crescimento de insetos é intimamente caracterizado por crescimento exponencial pois, após análise, verifica-se que, uma função exponencial descreve melhor o crescimento dos insetos em comparação com a função de *Bertalanffy* mas o padrão côncavo da variação residual sugere que os insetos crescem mais lentamente que uma função exponencial (Maino & Kearney, 2015; Forster, 2013). De facto, Tammaru & Esperk (2007) concluíram que os insetos crescem mais lentamente do que a equação exponencial demonstra. Vendl *et al.* (2018), ajustaram o peso de larvas de quatro espécies de escaravelhos a modelos de curvas de crescimento (Gompertz, Logístico e Bertalanffys) para estimarem parâmetros como o tamanho assintótico, taxa de crescimento e ponto de inflexão.

Medidas de comprimento corporal têm sido utilizadas para avaliar a biomassa de insetos ou mais raramente para estimar a sua taxa de crescimento quando não é possível ou desejável pesá-los diretamente (Costa & Gomes-Filho, 2002). O peso corporal do inseto é geralmente expresso em função do comprimento do corpo por equações que assumem a forma: $W = A \cdot L^b$ onde W representa o peso, L é o comprimento, a e b são constantes (Peters, 1986).

Coudron *et al.* (2019), demonstraram através de uma equação: $\text{Peso médio (mg)} = 11,14 * MS + 2,00 * T (^{\circ}C) + 0,14 * RH(\%) - 0,46 * T (^{\circ}C) * MS - 55,34$, ($R^2=0,85$) (MS=ínicio do fornecimento de água em semanas), o efeito da temperatura e da humidade relativa e da fonte de humidade na massa final das larvas de *Tenebrio molitor*.

1.5. Objetivos do estudo

Apesar dos grandes avanços realizados nos últimos anos sobre produção e utilização de insetos existem ainda muitos fatores chave que permanecem pouco ou quase nada conhecidos, tal como a nutrição dos próprios insetos.

Esta dissertação foi realizada com o objetivo de avaliar a influência da dieta no crescimento e composição química de larvas de *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* tendo como propósitos:

- 1) Avaliar a influência da dieta na massa (mg) e comprimento (mm) final das larvas
- 2) Avaliar a influência da dieta na composição nutricional das larvas
- 3) Estimar GMD e CMD através da construção de curvas de crescimento
- 4) Correlacionar dados de massa, comprimento, idade e composição nutricional.

MATERIAL E MÉTODOS



2.1. Local do Ensaio

Os ensaios foram realizados na Escola Superior Agrária (ESA) do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC), no Insetário-ESA (produção de insetos *in vivo*). Os ensaios decorreram numa sala com condições de temperatura e humidade relativa controladas. A monitorização e registo contínuo da humidade e temperatura foi obtido com o equipamento (Testo-175H1) (Figura 2.1.A). O ambiente foi aquecido com recurso a aquecedores domésticos (Figura 2.1.B) e a fonte de humidade ambiental foi criada a partir de uma fonte instalada numa caixa de água (Figura 2.1.C).

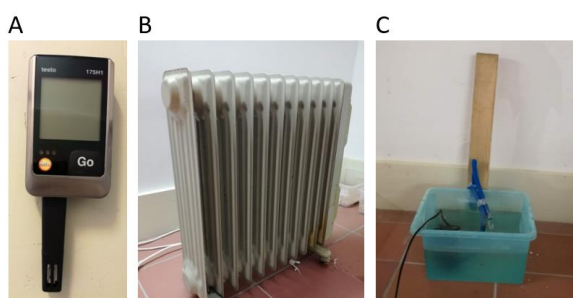


Figura 2.1. Monitorização e registo de temperatura e humidade pelo equipamento Testo 175H1 (A). Aquecedor convencional utilizado para aquecer a sala dos ensaios (B). Fonte de humidade ambiental (C).

2.2. Aquisição dos futuros reprodutores

Para a obtenção de escaravelhos reprodutores, foram adquiridas larvas das duas espécies à empresa *Vivum* (Figuras 2.2 A e B) sendo as mesmas distribuídas por diferentes caixas (tenébrios) ou colocadas isoladamente (zophobas) para entrar em fase de metamorfose (Figura 2.2.C.). De seguida, quando os escaravelhos eclodiam eram transferidos para as caixas de reprodução.

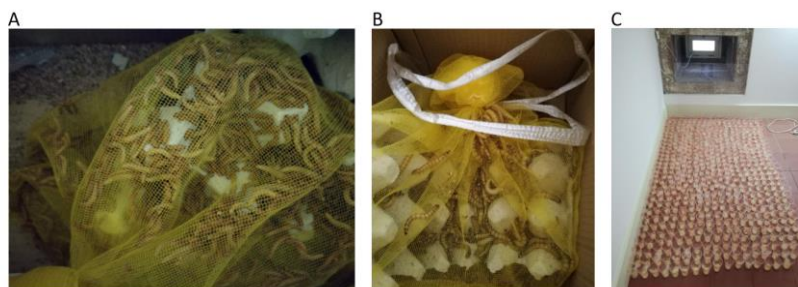


Figura 2.2. Chegada das larvas de *Tenebrio molitor* (A) e *Zophobas morio* (B). Colocação das larvas em recipientes isolados (copos) para prosseguirem para a fase de pupa (C).

2.3. Manutenção de adultos e obtenção de ovos (caixas dos reprodutores)

Os escaravelhos das espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* foram mantidos em caixas de plástico com dimensões (38x51x30 cm) (Figuras 2.3. A e B).

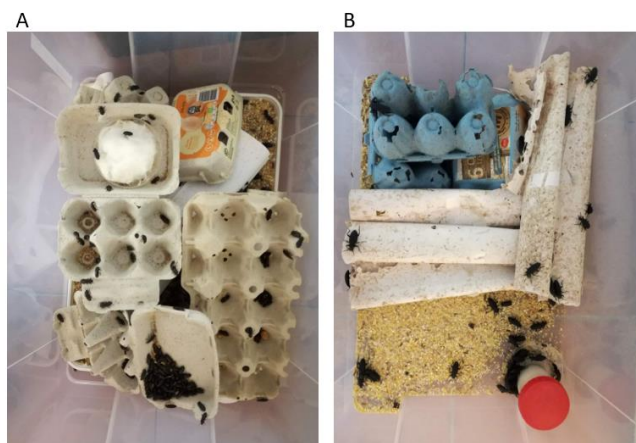


Figura 2.3. Caixa de reprodutores da espécie *Tenebrio molitor* (A). Caixa de reprodutores da espécie *Zophobas morio* (B).

A seleção de machos e fêmeas, para a colocação correta de proporções (um macho para três fêmeas) foi realizada com recurso a observação visual. Na caixa de reprodução foi colocado semanalmente substrato de alimentação, água que foi disponibilizada diariamente e abrigos (caixas de ovos). A limpeza das caixas de reprodução ocorreu semanalmente na mesma altura em que eram recolhidos os ovos.

2.4. Desenvolvimento das incubadoras

Foram desenvolvidas incubadoras para os ovos das duas espécies (Figuras 2.4. A e B), estes equipamentos conseguem manter a temperatura (28°C) e humidade relativa (100%) constantes. Com as incubadoras consegue-se obter larvas com peso e comprimento semelhantes. As incubadoras foram construídas com placas de esferovite e no centro possuíam um termostato de aquário (EHEIM JAGER 25W) dentro de uma caixa de água regulado à temperatura pretendida. Na tampa das incubadoras existem ventoinhas que ajudam à circulação do ar e do vapor de água. Na parte inferior, existem orifícios para entrada de oxigénio.

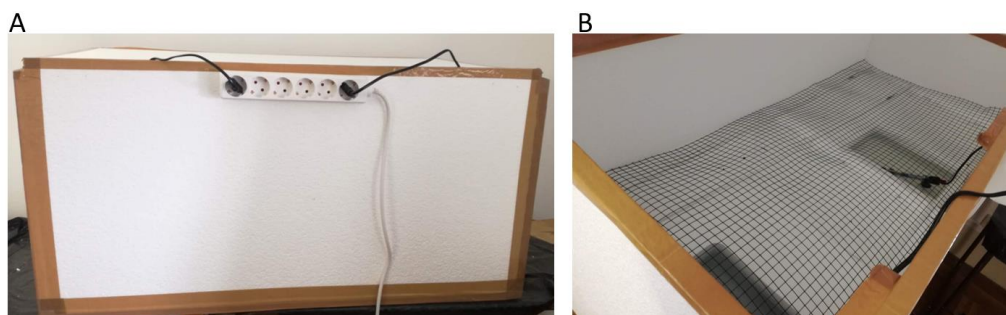


Figura 2.4. Exterior da incubadora (A). Interior da Incubadora (B).

2.5. Formulação e preparação das dietas

A formulação das dietas foi realizada com base nos cereais disponíveis no mercado para espécies pecuárias convencionais. Não foi o objetivo deste estudo estudar a influência de um único fator nutricional, como por exemplo a influência da percentagem de gordura ou proteína das dietas, mas sim formular dietas que fossem simples e possíveis de obter por qualquer produtor de insetos. A composição das dietas utilizadas neste estudo está apresentada no Quadro 2.1.

Quadro 2.1. Dietas utilizadas no ensaio e o seu valor químico estimado

Dieta	Composição	Valor Químico Estimado					MJ/kg MS EB
		% MS					
		PB	FB	NDF	GB		
A	80% Trigo + 20% Soja	17,88	2,99	12,08	1,53	16,13	
B	40% Cevada + 40% Milho + 20% Soja	16,46	3,85	16,46	2,53	16,46	
C	40% Aveia + 40% Trigo + 20% Soja	17,36	6,97	19,73	2,84	16,65	
D	40% Trigo + 40% Milho + 20% Soja	16,74	2,95	11,46	2,43	16,25	

Fonte: Feedipedia (2018).

Os componentes das dietas (trigo, soja, aveia e cevada) foram comprados na cooperativa de Ponte de Lima, enquanto o milho utilizado foi o produzido na quinta da ESA-IPVC. As matérias primas (Figura 2.5.A.) foram moídas num moinho DAVIDE 4V (Figura 2.5.B.), de seguida foram formuladas as dietas (Figura 2.5.C.) e foram novamente moídas num moinho Retsch ZM200 (Figura 2.5.D.). Posteriormente as dietas foram esterilizadas em estufa (105°C) durante 12h (para assegurar que pragas como o gorgulho não são transmitidas nas dietas estudadas) e armazenadas, em armário, para não permitir a passagem de luz solar direta até à sua utilização.

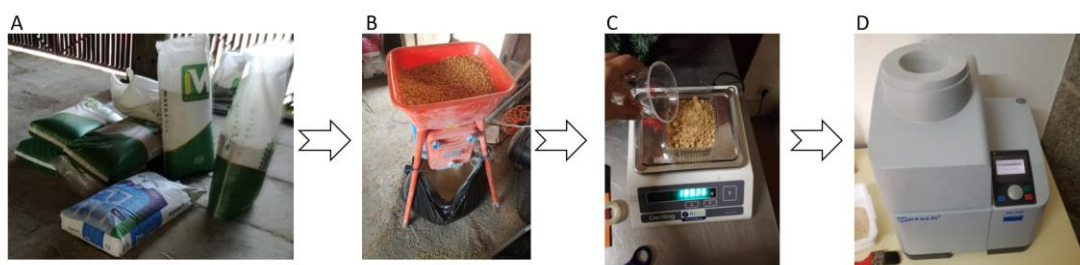


Figura 2.5. Receção das matérias-primas (trigo, cevada, soja, e aveia) da cooperativa (A). Primeira moagem dos cereais (B). Formulação das dietas (C) Segunda moagem (D).

2.6. Administração de água nas caixas

A água foi administrada diariamente, uma vez por dia, disponibilizada através de algodão humedecido que foi substituído todos os dias (Figuras 2.6 A e B).



Figura 2.6. Colocação de algodão humedecido diariamente (A). Larvas de *Zophobas morio* a beber (B).

2.7. Caixas dos ensaios – Caixas de criação das larvas

As caixas utilizadas nos ensaios para o crescimento das larvas eram de cor branca e opacas (38x25x15 cm), perfazendo uma área total de 950 cm² e um volume de 14 250 cm³. Na tampa possuíam aberturas vedadas com rede para permitir a passagem do ar e não permitir a fuga de animais nem a entrada de eventuais predadores (Figura 2.7).



Figura 2.7. Modelo da caixa utilizado no crescimento das larvas.

2.8. Metodologia para a monitorização do crescimento das larvas (peso e comprimento)

Após a incubação, as larvas já nascidas foram colocadas em caixas com substrato de alimentação durante duas semanas para crescerem até ser possível a sua identificação no meio do substrato.

No final das duas semanas, as larvas foram separadas do substrato e contadas (150 por cada caixa para a espécie *Tenebrio molitor* e 100 larvas por caixa para a espécie *Zophobas morio*) (Figura 2.8.A.), realizaram-se três repetições para cada dieta e cada espécie. Após a contagem foram pesadas em grupos de dez larvas (Figura 2.8.B) em balança de precisão 0,0001 g e fotografadas individualmente para que posteriormente se pudesse realizar a medição das mesmas em programa informático Image J®.

Seguidamente esterilizaram-se as caixas com álcool etílico (96%) (Figura 2.8.C) e colocaram-se as diferentes dietas, 1 kg/caixa (Figura 2.8.D) e as larvas correspondentes (Figura 2.8.E).

Semanalmente foi recolhida uma amostra de 30 larvas (de modo aleatório) de cada caixa para realizar a pesagem (grupos de 10 larvas – Figura 2.8.F) em balança de precisão e fotografadas individualmente para posterior medição.

Os ensaios foram encerrados quando apareceriam as primeiras pupas na caixa (na espécie *Tenebrio molitor*) e quando após três pesagens sucessivas o peso das larvas não se alterava, ou seja, o peso era estável (na espécie *Zophobas morio*).



Figura 2.8. Recolha das larvas do substrato (A). Pesagem das larvas (B). Esterilização das caixas de crescimento (C). Colocação do substrato correspondente (D). Colocação das jovens larvas no substrato (E). Isolamento das larvas em grupos de 10 a 10 para posterior pesagem (F).

2.9. Abate das larvas - Congelação

Terminado o ensaio, registava-se o dia e procedia-se à peneiração do substrato (Figura 2.9.A) para a contagem do número final de larvas e assim registar a taxa de mortalidade.

Após esta etapa, as larvas foram pesadas em balança de precisão (Figura 2.9.B) e fotografadas para posterior medição. Seguidamente foram embaladas em sacos de plástico, seladas (Figura 2.9.C) e identificadas (Figura 2.9.D), sendo então colocadas no congelador a -20°C (Figura 2.9.E).

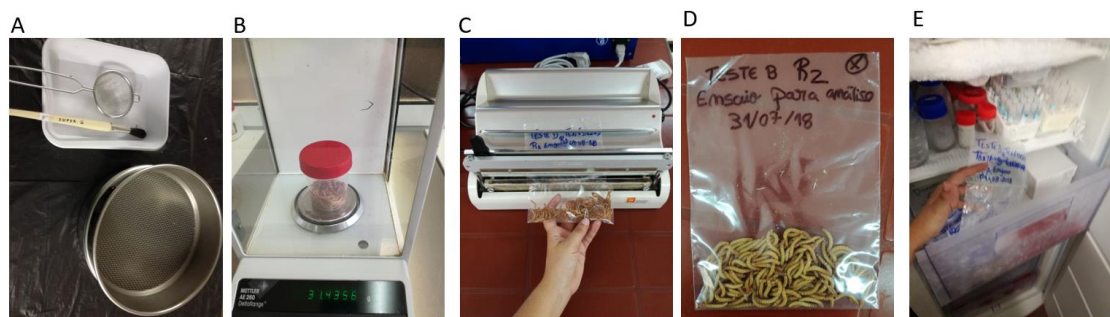


Figura 2.9. Instrumentos de peneiração das larvas do substrato (A). Pesagem do peso final das larvas (B). Embalamento das larvas (C). Identificação das amostras (D). Colocação das larvas em congelados -20°C.

2.10. Preparação das amostras

Para determinação da composição química, as larvas foram descongeladas e trituradas no moinho Retsch GrindoMix (Figura 2.10) e separadas de acordo com a quantidade de amostra necessária para cada análise. Todas as análises realizadas foram efetuadas em triplicado.



Figura 2.10. Moinho utilizado para moer as larvas.

No Quadro 2.2 apresenta-se o tipo de amostra (fresca ou seca) utilizada nas diferentes análises efetuadas aos componentes das dietas e às larvas.

Quadro 2.2. Tipo de utilização da amostra (fresca ou seca) para cada análise efetuada.

Análise	Amostra em Fresco	Amostra Seca
Humidade dos componentes da dieta	X	
Humidade das larvas	X	
Cinzas (dietas e larvas)		X
Fibra dos componentes das dietas		X
Gordura bruta (dietas e larvas)	X	
Proteína bruta (dietas e larvas)		X
Minerais (dietas e larvas)		X

Fonte: AOAC (1996)

2.11. Análises químicas

Os teores de humidade dos componentes das dietas foram determinados por secagem em estufa a 105°C segundo as recomendações da *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC) para alimentos para animais e produtos cárneos (AOAC, 1996). O teor de humidade das larvas foi determinado numa balança Sartorius thermo control (Figura 2.11) tal como sugerido por Galina & Popa (2009).



Figura 2.11. Balança para determinação de humidade das larvas.

O teor de cinzas dos componentes das rações e das larvas foi determinado numa mufla a 550°C até a cinza se apresentar branca segundo as recomendações da AOAC para alimentos para animais e produtos cárneos (AOAC, 1996).

Para determinação da fibra detergente neutra e detergente ácida (*Neutral Detergent Fiber* - NDF e *Acid Detergent Fiber* - ADF) dos componentes das dietas utilizou-se o método de Van Soest com o equipamento FIWE Extractor for fiber determination – VELP SCIENTIFICA (Figura 2.12) segundo as recomendações da AOAC para alimentos para animais e produtos cárneos (AOAC, 1996).



Figura 2.12. Equipamento para determinação da Fibra (NDF e ADF).

Para a determinação do teor de gordura bruta utilizou-se o método de extração com éter de petróleo no equipamento Behr ED (Figura 2.13) segundo as recomendações da AOAC para alimentos para animais e produtos cárneos (AOAC, 1996).



Figura 2.13. Determinação do teor de gordura das larvas.

O teor de proteína foi determinado pelo método de Kjeldahl (Figura 2.14). Utilizou-se o fator 6,25 para conversão do azoto em proteína bruta segundo as recomendações da AOAC para alimentos para animais e produtos cárneos (AOAC, 1996).

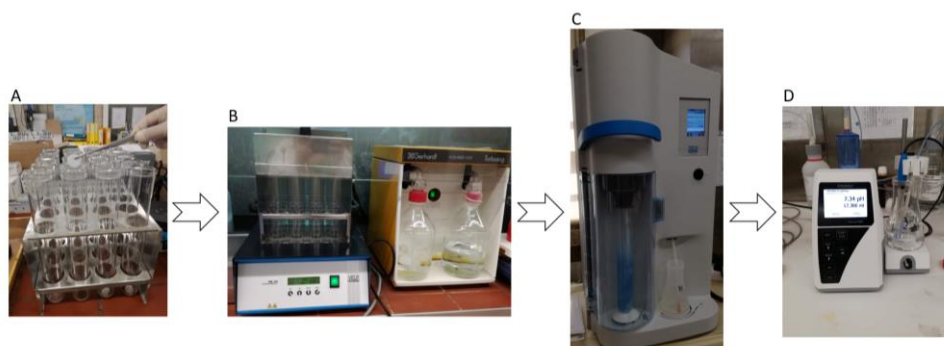


Figura 2.14. Colocação de uma pastilha de catalisador em cada amostra (A). Mineralização da matéria orgânica (M.O.). (B). Digestão (C). Determinação do azoto total (D).

Para determinação do teor de minerais utilizaram-se digestões sulfúricas para determinação do teor de fósforo e digestões nitroperclóricas para determinação do cálcio, magnésio, manganês, cobre, sódio, zinco e potássio. As digestões nitroperclóricas foram lidas em espectrofotômetro de absorção atômica e as digestões sulfúricas foram lidas em espectrofotômetro molecular após terem sido realizadas diluições, de acordo com as recomendações da AOAC para alimentos para animais e produtos cárneos (AOAC, 1996) (Figura 2.15).

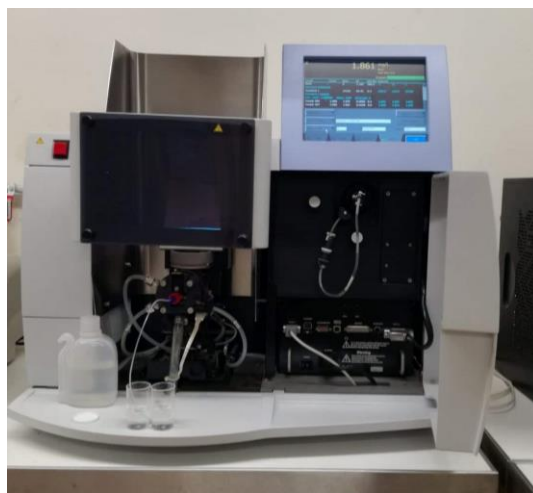


Figura 2.15. Leitura das digestões nitroperclóricas em espectrofotômetro de absorção atômica.

2.12. Metodologia de análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada com recurso aos softwares IBM SPSS Statistics® (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão 23 e ao Microsoft Excel®. Realizaram-se comparações de médias mediante o Teste T para amostras independentes e ANOVA unifactorial para determinar as diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (dietas) ($\alpha=0,05$). Os resultados expressaram-se em valor médio e desvio padrão, valor máximo, valor mínimo e coeficiente de variação. O teste de ANOVA foi complementado com uma análise de comparação múltipla utilizando o critério de Tukey/ LSD para determinar os níveis de diferenças significativas (a 95% de confiança).

Para a caracterização do crescimento (massa e comprimento) das larvas de *Tenebrio molitor* foi utilizado o modelo de ajuste de curva de crescimento $Massa/Comprimento = e^{(B_0+B_1.t)}$, incorporado no pacote estatístico SPSS® V.23 onde, B_0 significa a massa inicial ou comprimento inicial (mg ou mm), B_1 o incremento diário de massa ou comprimento

(mg.dia⁻¹ ou mm.dia⁻¹) e t a idade em dias. Foi calculada a taxa de crescimento (GMD ou CMD) através da primeira derivada da equação exponencial de caracterização do crescimento.

Para as larvas de *Zophobas morio* a caracterização do crescimento (massa e comprimento) foi realizada com o modelo de Gompertz $Massa/Comprimento = A \cdot e^{-e^{B \cdot (t-C)}}$, onde A significa a massa final ou comprimento final (mg ou mm), B significa o crescimento relativo no ponto de inflexão (mg.dia⁻¹ ou mm.dia⁻¹) e C indica a idade no ponto de inflexão (dias), através do ajuste não linear no SPSS® V.23. Foi calculada a taxa de crescimento (GMD ou CMD) através da primeira derivada da equação exponencial de caracterização do crescimento.

RESULTADOS



3.1. Dietas – Composição química

No Quadro 3.1. está apresentada a composição química das quatro dietas estudadas.

Quadro 3.1. Composição química das dietas estudadas.

Dieta	% MS					mg/100g MS							
	PB	GB	NDF	ADF	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	P
A	16,97	1,02	25,94	4,05	546,76	82,69	104,85	60,35	1,55	6,66	2,81	2,69	233,38
B	14,56	1,51	14,56	5,00	533,77	211,01	190,35	59,55	11,04	13,92	4,96	6,83	243,65
C	16,67	3,59	31,67	9,38	594,66	115,49	112,04	52,41	2,23	6,99	3,31	3,67	365,11
D	14,99	1,24	35,32	3,88	526,06	98,57	106,76	56,58	4,99	8,32	3,44	5,50	240,03

3.2 .Temperatura e humidade relativa

No Quadro 3.2. apresentam-se os valores de temperatura (°C) e humidade relativa (%) médios, assim como as respetivas datas de realização dos ensaios para cada espécie.

Quadro 3.2. Médias de temperatura e humidade relativa e data da realização dos ensaios.

Espécie	Temperatura média (°C)	Humidade relativa média (%)	Data do ensaio
<i>Tenebrio molitor</i>	30,2 ± 1,2	65,5 ± 5,1	27/06/18 a 18/08/18
<i>Zophobas morio</i>	28,0 ± 1,0	58,1 ± 8,5	03/08/18 a 20/12/18

3.3. *Tenebrio molitor* (Escolha da curva de crescimento)

A escolha da função matemática que melhor descreve o crescimento, GMD (mg.dia⁻¹) e CMD (mm.dia⁻¹) das larvas de *Tenebrio molitor*, de acordo com a dieta, foi realizada após avaliação estatística.

Para a caracterização da curva de crescimento (massa e comprimento) das larvas de *Tenebrio molitor* foi utilizada a equação exponencial $Massa\ ou\ Comprimento = e^{(B_0 + B_1.t)}$, por ser aquela que apresenta um R² mais elevado e que melhor se ajusta aos valores obtidos.

Os parâmetros estimados para a curva de crescimento (massa e comprimento) das larvas de *Tenebrio molitor* estão apresentados no Quadro 3.3.

Quadro 3.3. Parâmetros estimados para a curva de crescimento das larvas de *Tenebrio molitor* em função da dieta.

Dieta	Massa		Comprimento	
	B_0 (mg)	B_1 (mg.dia ⁻¹)	B_0 (mm)	B_1 (mm.dia ⁻¹)
A	0,30366 ^b	0,07465 ^a	1,81481 ^a	0,02155 ^a
B	-0,79598 ^a	0,14362 ^c	1,41205 ^a	0,04599 ^d
C	0,07528 ^{ab}	0,10447 ^b	1,63727 ^a	0,03409 ^c
D	-0,19327 ^{ab}	0,10490 ^b	1,69883 ^a	0,02976 ^b
Sig	*	**	NS	***
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo				
Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.				

3.3.1. Período de desenvolvimento das larvas de acordo com a dieta

Na Figura 3.1 está apresentada a duração média do crescimento das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta. É evidente que as larvas alimentadas com a dieta A foram aquelas que demoraram mais tempo a atingir a fase de pupa e as larvas alimentadas com a dieta B foram as que demoraram menos tempo atingir a mesma fase.

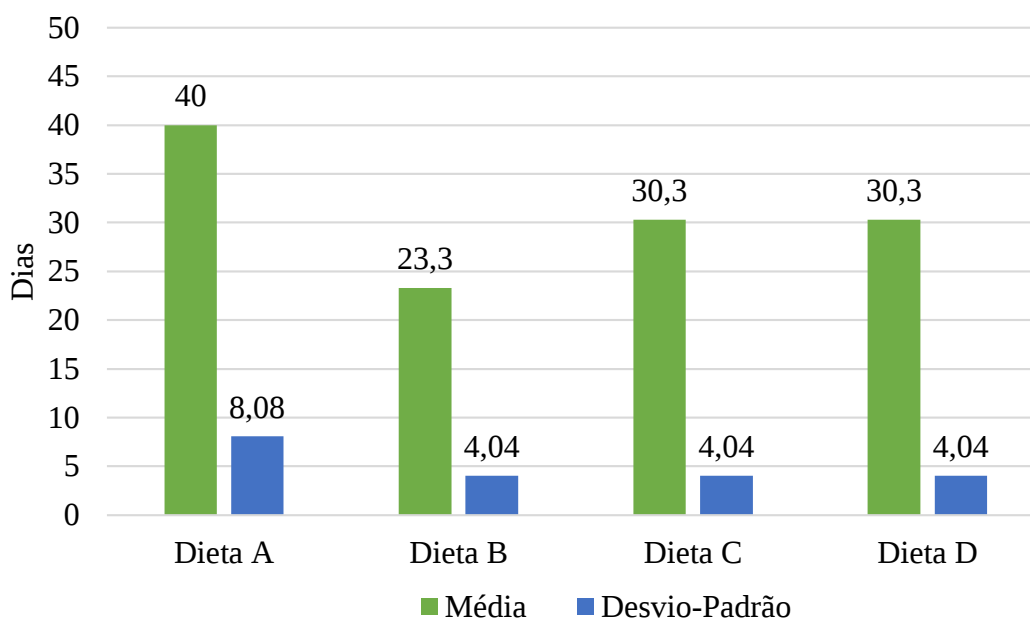


Figura 3.1. Tempo médio de crescimento das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta.

3.3.2. Massa e GMD de acordo com a dieta

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) na massa média inicial das larvas de *Tenebrio molitor*. Contudo a massa média final (mg) variou significativamente consoante a dieta com que as larvas foram alimentadas. As larvas da dieta B apresentaram uma massa média final significativamente ($P<0,01$) superior a todas as outras dietas. Não se verificaram diferenças significativas ($P>0,05$) entre a massa média final (mg) das larvas alimentadas com a dieta D e as larvas alimentadas com as dietas A e C.

O GMD (mg) das larvas alimentadas com quatro dietas variou significativamente entre as dietas ($P<0,05$). As larvas alimentadas com a dieta B obtiveram um GMD significativamente superior às larvas alimentadas com a dieta A.

A análise descritiva da massa média inicial e final e GMD (média, desvio-padrão, valor mínimo, valor máximo e coeficiente de variação), encontra-se sumarizada no Quadro 3.4.

Quadro 3.4. Massa média inicial (mg), massa média final (mg) e GMD ($\text{mg}\cdot\text{dia}^{-1}$), de acordo com a dieta (*Tenebrio molitor*).

Parâmetros	Dieta	N	Média	± D.P.	Mínimo	Máximo	CV(%)
Massa média inicial (por larva)	A	450	3,008 ^a	± 1,364	2,699	3,318	45,345
	B	450	2,922 ^a	± 1,399	2,613	3,232	47,878
	C	450	3,148 ^a	± 1,406	2,839	3,458	44,663
	D	450	3,092 ^a	± 1,464	2,782	3,402	47,347
	Sig.	NS					
	Total	1800					
Massa média final (por larva)	A	90	77,824 ^a	± 12,711	69,366	86,282	16,333
	B	90	143,444 ^c	± 10,349	134,987	151,903	7,214
	C	90	102,858 ^b	± 17,206	94,400	111,317	16,727
	D	90	86,955 ^{ab}	± 18,388	78,498	95,414	21,146
	Sig.	**					
	Total	360					
GMD	A	3	2,340 ^a	± 0,858	1,207	3,474	36,666
	B	3	4,452 ^b	± 0,959	3,318	5,586	21,540
	C	3	3,325 ^{ab}	± 0,792	2,192	4,459	23,819
	D	3	2,825 ^{ab}	± 0,784	1,692	3,959	27,752
	Sig.	*					
	Total	12					

*** $P<0,001$; ** $P<0,01$; * $P<0,05$; NS não significativo

Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas ($p<0,05$) entre os respetivos testes.

Na Figura 3.2 encontram-se representadas as curvas da evolução da massa das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta.

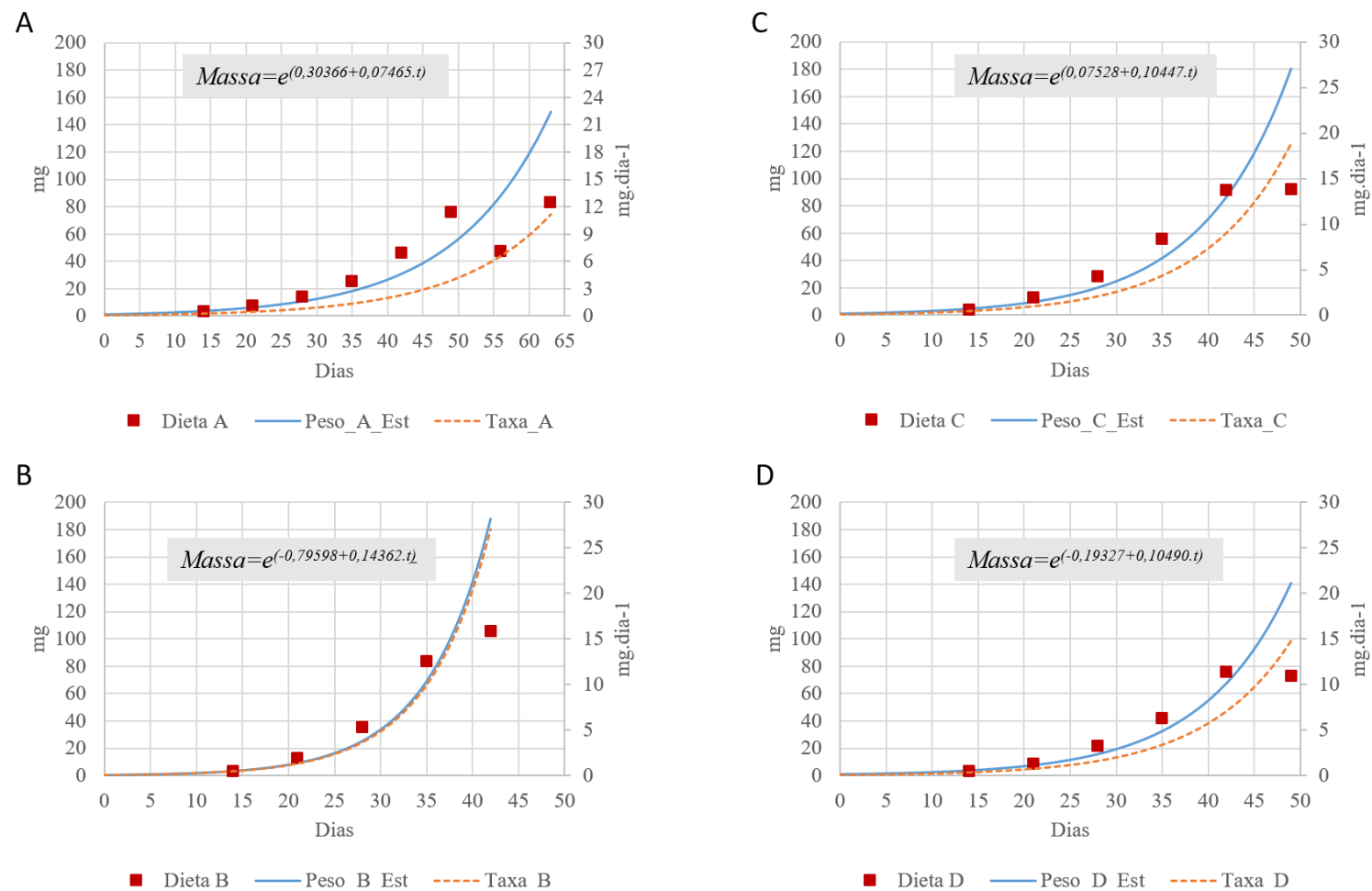


Figura 3.2. Evolução da massa das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta (valores reais, estimados e GMD (taxa)).

3.3.3. Comprimento e CMD de acordo com a dieta

Em relação ao comprimento inicial, constatou-se que existiram diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as larvas da dieta D e as larvas das restantes dietas, sendo as larvas da dieta D mais compridas.

No comprimento final não existiram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as larvas alimentadas com as dietas A e D, existindo diferenças significativas ($P < 0,001$) entre todas as restantes dietas, sendo a dieta B a que apresentou larvas mais compridas.

Em relação ao CMD, verificou-se que as larvas alimentadas com a dieta B foram significativamente ($P < 0,01$) superiores a todas as outras dietas.

Os resultados da estatística descritiva (média, desvio-padrão, valor mínimo, valor máximo e coeficiente de variação) do comprimento (inicial e final) (mm) e do CMD (mm.dia^{-1}) alcançado pelas larvas de *Tenebrio molitor*, de acordo com a dieta estudada, estão apresentados no Quadro 3.5. Na Figura 3.3, estão representadas as curvas de evolução do comprimento das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta.

Quadro 3.5. Comprimento médio inicial (mm), comprimento médio final (mm) e CMD (mm.dia^{-1}) de acordo com a dieta (*Tenebrio molitor*).

Parâmetros	Dieta	N	Média	±	D.P.	Mínimo	Máximo	CV(%)
Comprimento médio inicial (por larva)	A	90	7,410 ^a	±	1,651	7,120	7,700	22,280
	B	90	7,447 ^a	±	1,474	7,158	7,738	19,793
	C	90	7,525 ^a	±	1,746	7,235	7,816	23,202
	D	90	8,210 ^b	±	2,116	7,920	8,501	25,774
	Sig.	**						
	Total	360						
Comprimento médio final (por larva)	A	90	19,773 ^a	±	3,686	19,133	20,415	18,641
	B	90	25,207 ^c	±	2,232	24,566	25,849	8,854
	C	90	22,083 ^b	±	3,416	21,443	22,725	15,468
	D	90	20,542 ^a	±	2,995	19,901	21,184	14,579
	Sig.	***						
	Total	360						
CMD	A	3	0,316 ^a	±	0,034	0,246	0,386	10,759
	B	3	0,708 ^c	±	0,081	0,639	0,779	11,440
	C	3	0,483 ^b	±	0,046	0,414	0,554	9,523
	D	3	0,408 ^{ab}	±	0,031	0,339	0,479	7,598
	Sig.	**						
	Total	12						
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo								
Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.								

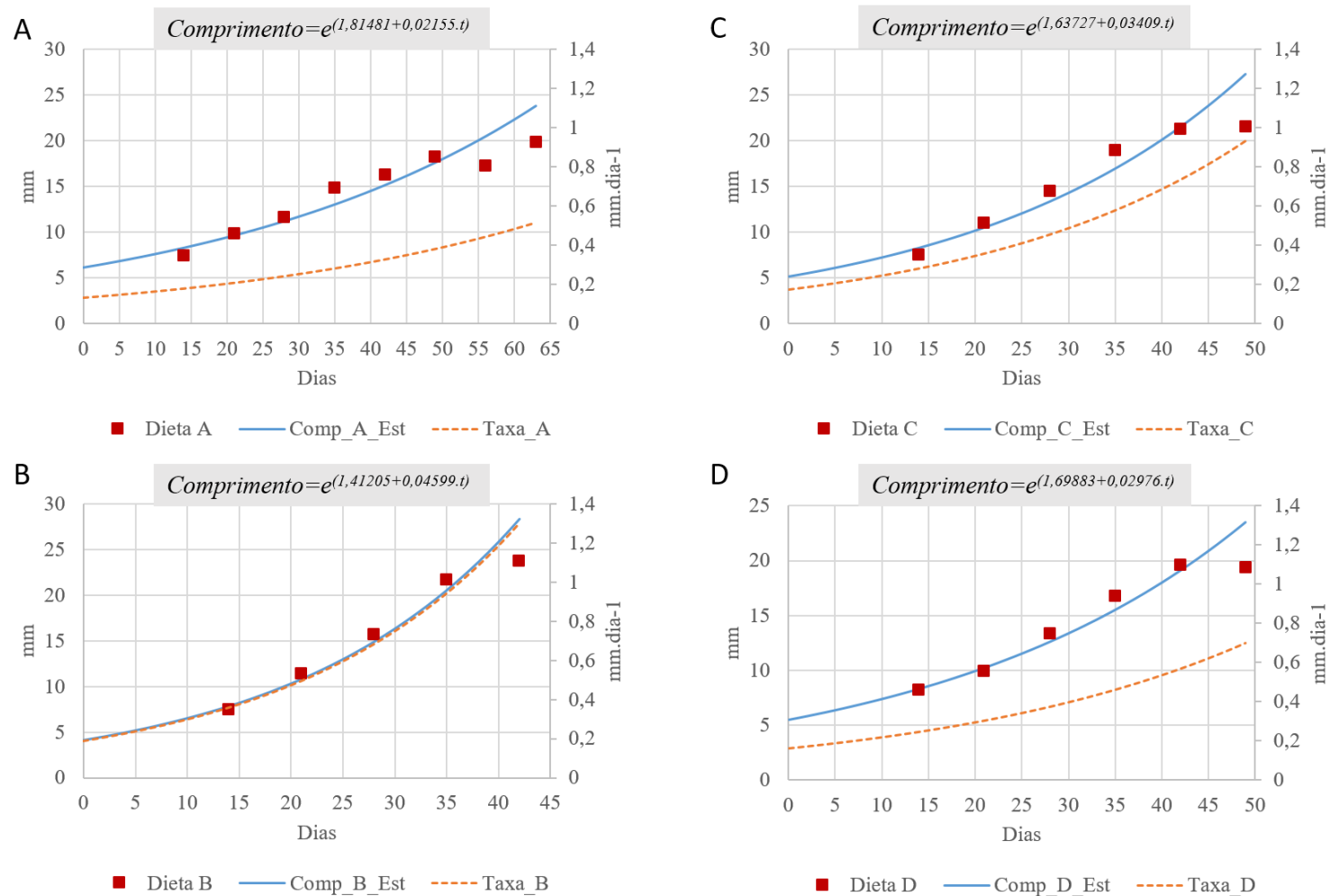


Figura 3.3. Evolução do comprimento das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta (valores reais, estimados e CMD (taxa)).

3.3.4. Taxa de mortalidade de acordo com a dieta

A taxa de mortalidade para a espécie *Tenebrio molitor*, de acordo com a dieta, está apresentada na Figura 3.4. Constatou-se que não existiram diferenças significativas ($P>0,05$) na taxa de mortalidade entre dietas, existindo sim entre repetições.

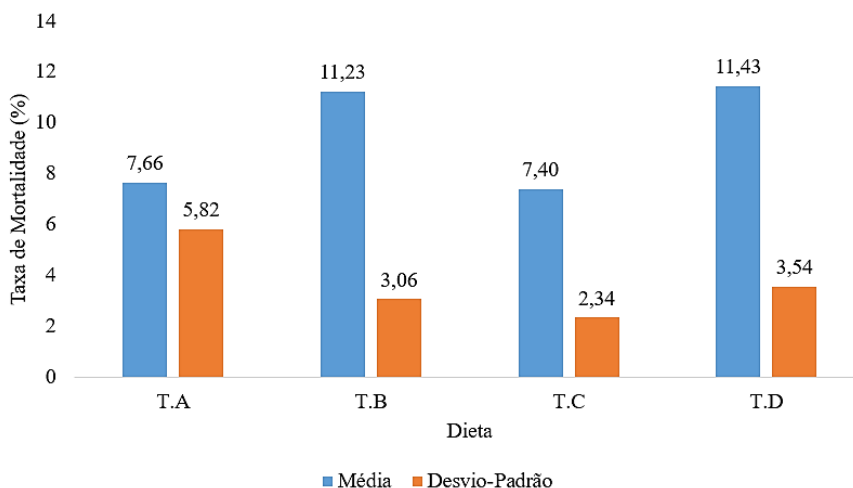


Figura 3.4. Taxa de mortalidade da espécie *Tenebrio molitor*, de acordo com a dieta.

3.3.5. Correlações – Idade, Peso e Comprimento de acordo com a dieta

Foram realizadas correlações entre o comprimento, a massa e a idade das larvas para verificar pressupostos de produção animal, isto é, se as larvas de tenébrio aumentam a massa e o comprimento ao longo do tempo ou se simplesmente aumentam a massa. Constatou-se que existem correlações significativamente positivas entre estes parâmetros (Quadro 3.6).

Quadro 3.6. Correlações entre massa e comprimento de acordo com a dieta administrada, para as larvas de *Tenebrio molitor*.

	C_A	C_B	C_C	C_D	I	M_A	M_B	M_C	M_D
C_A	1					0,892**			
C_B		1					,965**		
C_C			1					,946**	
C_D				1					,944**
I	0,881**	,917**	,905**	,900**	1	0,763**	,853**	,880**	,853**
C- Comprimento (mm), M- Massa (mg), I- Idade (dias)									
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo									

Na Figura 3.5 estão representadas as correlações entre o comprimento e a massa das larvas, para cada uma das dietas, em função da idade.

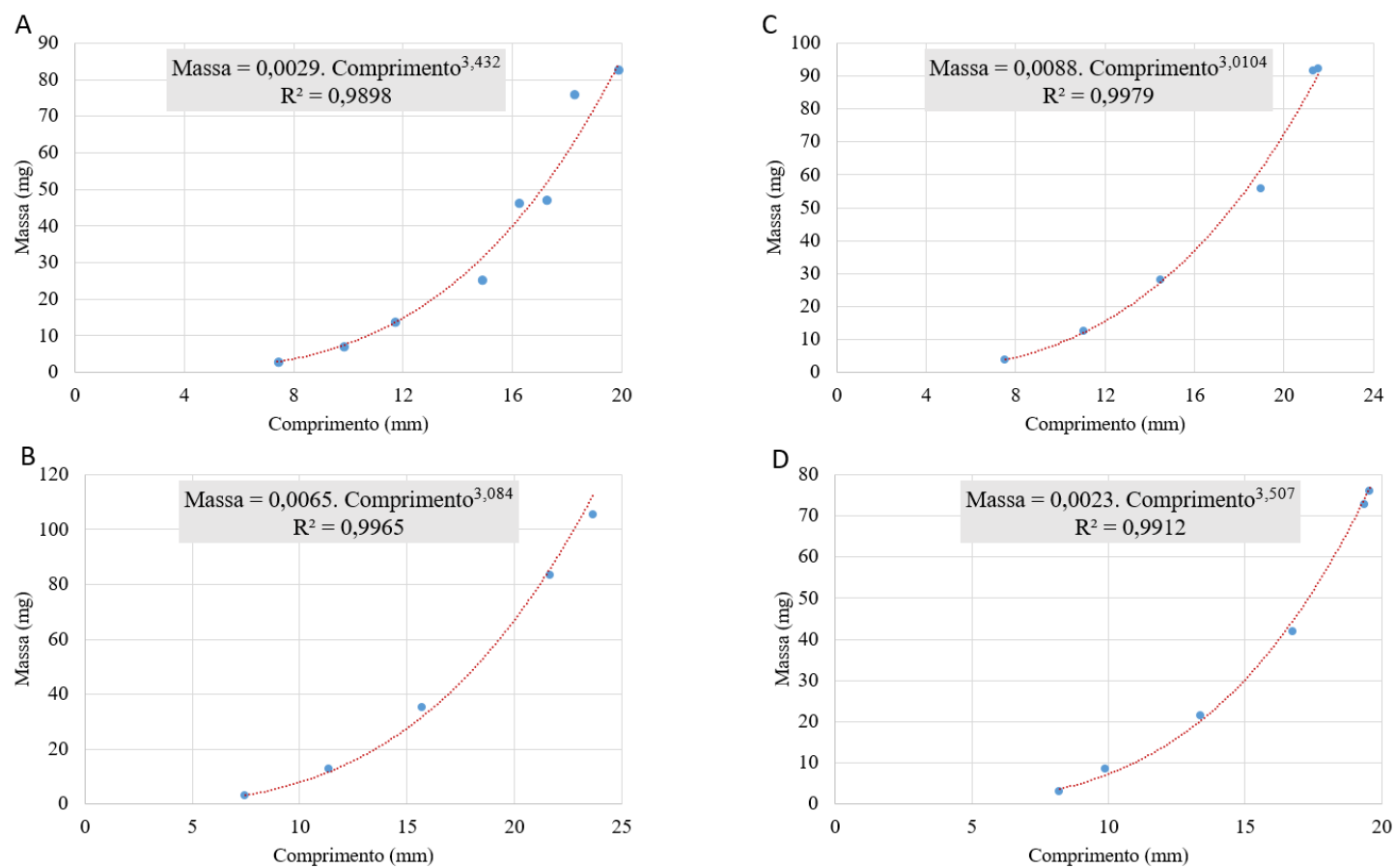


Figura 3.5. Correlação do comprimento e da massa das larvas de *Tenebrio molitor* para as dietas estudadas. A – Dieta A; B – Dieta B; C – Dieta C; D – Dieta D.

3.4. *Zophobas morio* (Escolha da curva de crescimento)

A escolha da função matemática que melhor descreve o crescimento, GMD (mg.dia⁻¹) e CMD (mm.dia⁻¹) das larvas de *Zophobas morio*, de acordo com a dieta, foi realizada após avaliação estatística.

Para a caracterização da curva de crescimento (massa e comprimento) das larvas de *Zophobas morio* foi utilizada o modelo de Gompertz $y = A \cdot e^{-e^{B \cdot (t-C)}}$, por ser aquela que apresenta um R² mais elevado e que melhor se ajusta aos valores obtidos.

Os parâmetros estimados para a curva de crescimento (massa e comprimento) das larvas de *Zophobas morio* estão apresentados no Quadro 3.7.

Quadro 3.7. Parâmetros estimados para a curva de crescimento das larvas de *Zophobas morio* em função da dieta.

Dieta	Massa			Comprimento		
	A (mg)	B (mg.dia ⁻¹)	C (dias)	A (mm)	B (mm.dia ⁻¹)	C (dias)
A	848,287 ^a	0,044343 ^a	56,53407 ^a	60,53991 ^a	0,035232 ^a	33,68691 ^a
B	902,4191 ^a	0,054564 ^a	50,59918 ^a	61,70444 ^a	0,040832 ^a	30,51191 ^a
C	901,722 ^a	0,045833 ^a	52,84932 ^a	60,74617 ^a	0,039621 ^a	30,70587 ^a
D	921,2507 ^a	0,05426 ^a	51,23354 ^a	62,71338 ^a	0,03974 ^a	31,56893 ^a
	NS	NS	NS	NS	NS	NS
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo						
Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.						

3.4.1. Período de desenvolvimento das larvas de acordo com a dieta

Na Figura 3.6 está apresentado a duração média do crescimento das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta.

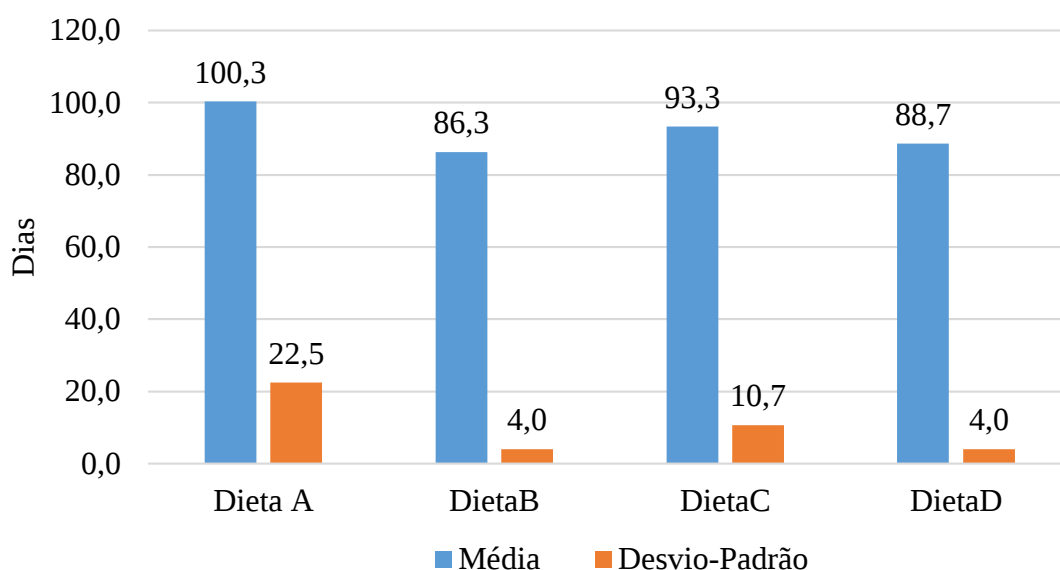


Figura 3.6. Tempo médio de crescimento das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta estudada.

3.4.2. Massa e GMD de acordo com a dieta

Os resultados da estatística descritiva (média, desvio-padrão, valor mínimo, valor máximo e coeficiente de variação) da massa (inicial e final) (mg) e do GMD ($\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$) alcançado pelas larvas de *Zophobas morio* alimentadas com quatro dietas diferentes estão apresentados no Quadro 3.8.

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) na massa (mg) inicial das larvas usadas neste ensaio. Quanto aos resultados da massa (mg) final, constatou-se que existem diferenças significativas ($P < 0,01$) entre dietas.

Em relação ao GMD, também se verificou a existência de diferenças significativas ($P < 0,05$) entre dietas. Existiram diferenças significativas, no GMD entre as dietas A e B.

Na Figura 3.7, estão representadas as curvas de evolução da massa das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta.

Quadro 3.8. Massa média inicial (mg), massa média final (mg) e do GMD (mg.dia⁻¹) de acordo com a dieta (*Zophobas morio*).

Parâmetros	Dieta	N	Média ± D.P.		Mínimo	Máximo	CV(%)
Massa média inicial (por larva)	A	300	8,360 ^a	± 8,279	5,275	11,447	99,031
	B	300	9,521 ^a	± 10,680	6,436	12,608	112,173
	C	300	9,023 ^a	± 10,689	5,937	12,109	118,463
	D	300	9,207 ^a	± 10,025	6,121	12,293	108,884
	Sig.	NS					
Total	1200						
Massa média final (por larva)	A	90	787,367 ^a	± 47,851	762,753	811,981	6,077
	B	90	845,607 ^c	± 33,259	820,994	870,221	3,933
	C	90	798,179 ^{ab}	± 43,450	773,566	822,793	5,443
	D	90	838,301 ^{bc}	± 65,498	813,688	862,915	7,813
	Sig.	**					
Total	360						
GMD	A	3	7,943 ^a	± 1,203	6,921	8,927	15,145
	B	3	9,700 ^b	± 0,603	8,677	10,723	6,216
	C	3	8,502 ^{ab}	± 0,695	7,479	9,525	8,174
	D	3	9,348 ^{ab}	± 0,254	8,326	10,372	2,717
	Sig.	*					
Total	12						
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo							
Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.							

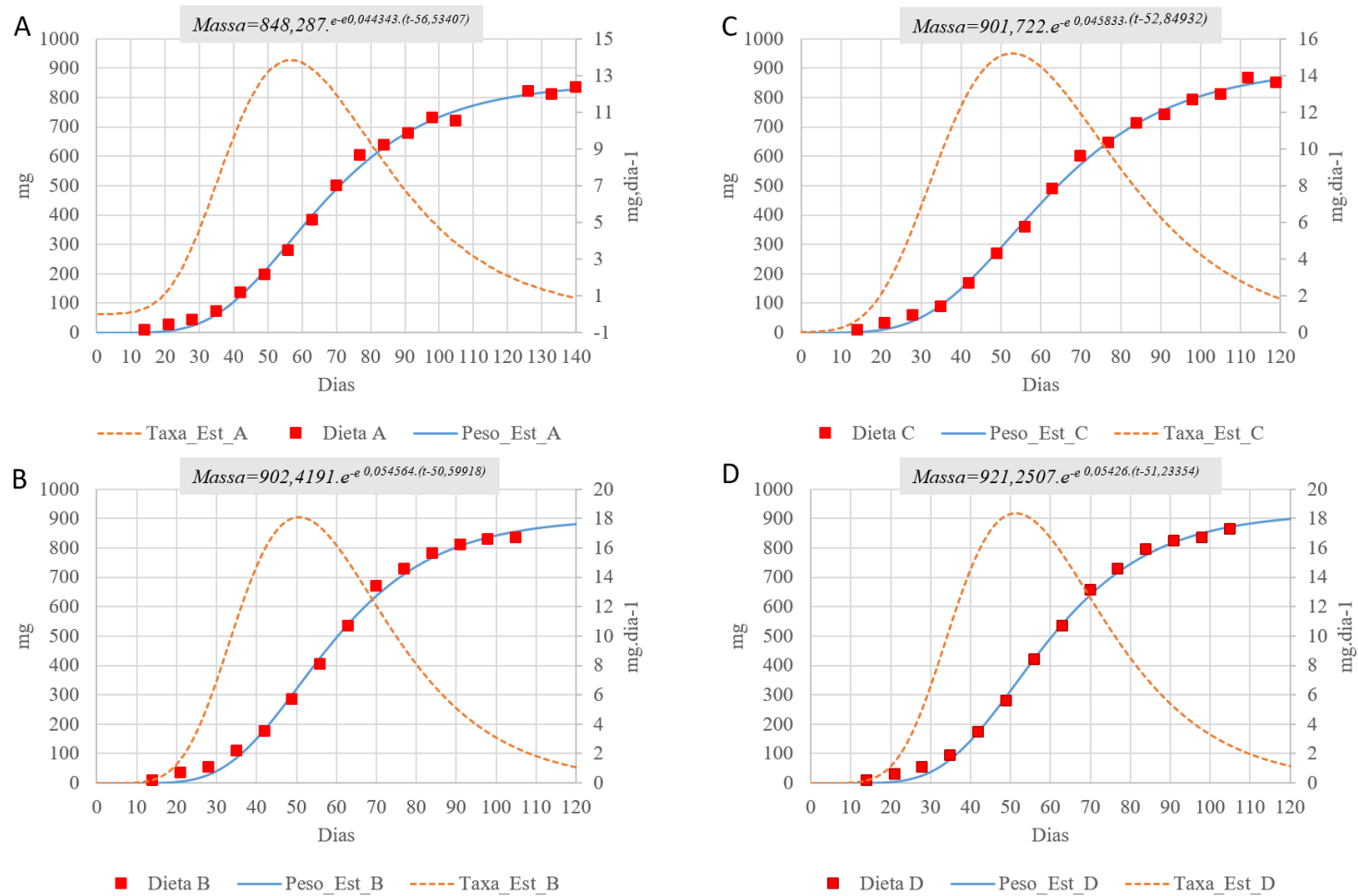


Figura 3.7. Evolução da massa das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta (valores reais, estimados e GMD (taxa)).

3.4.3. Comprimento e CMD de acordo com a dieta

Os resultados da estatística descritiva (média, desvio-padrão, valor mínimo, valor máximo e coeficiente de variação) do comprimento (inicial e final) (mm) e do CMD (mm.dia⁻¹) alcançado pelas larvas de *Zophobas morio* alimentadas com quatro dietas diferentes estão apresentados no Quadro 3.9.

Quadro 3.9. Comprimento inicial (mm), comprimento final (mm) e CMD (mm.dia⁻¹), de acordo com a dieta (*Zophobas morio*).

Parâmetros	Dieta	N	Média	±	D.P.	Mínimo	Máximo	CV(%)
Comprimento médio inicial (por larva)	A	90	9,486 ^a	±	2,746	8,765	10,207	28,947
	B	90	9,875 ^a	±	3,545	9,154	10,597	35,898
	C	90	9,856 ^a	±	3,723	9,135	10,578	37,773
	D	90	9,932 ^a	±	4,293	9,211	10,654	43,223
	Sig.	NS						
Total	360							
Comprimento médio final (por larva)	A	90	57,406 ^{ab}	±	5,607	56,345	58,468	9,767
	B	90	56,196 ^a	±	6,251	55,135	57,258	11,123
	C	90	58,000 ^b	±	5,320	56,939	59,062	9,172
	D	90	57,633 ^{ab}	±	5,141	56,572	58,695	8,920
	Sig.	*						
Total	360							
CMD	A	3	0,492 ^a	±	0,101	0,401	0,583	20,528
	B	3	0,558 ^a	±	0,045	0,468	0,650	8,064
	C	3	0,521 ^a	±	0,073	0,430	0,612	14,011
	D	3	0,538 ^a	±	0,032	0,447	0,629	5,947
	Sig.	NS						
Total	12							
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo								
Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.								

Verificou-se que não existiram diferenças significativas (P>0,05) no comprimento inicial das larvas. Por outro lado constatou-se que existiram diferenças significativas (P<0,05) no comprimento final das larvas, sendo que as larvas da dieta C foram significativamente mais compridas do que as da dieta B. Em relação ao CMD não se verificaram diferenças significativas (P>0,05) entre dietas.

Na Figura 3.8, estão representadas as curvas de evolução do comprimento das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta.

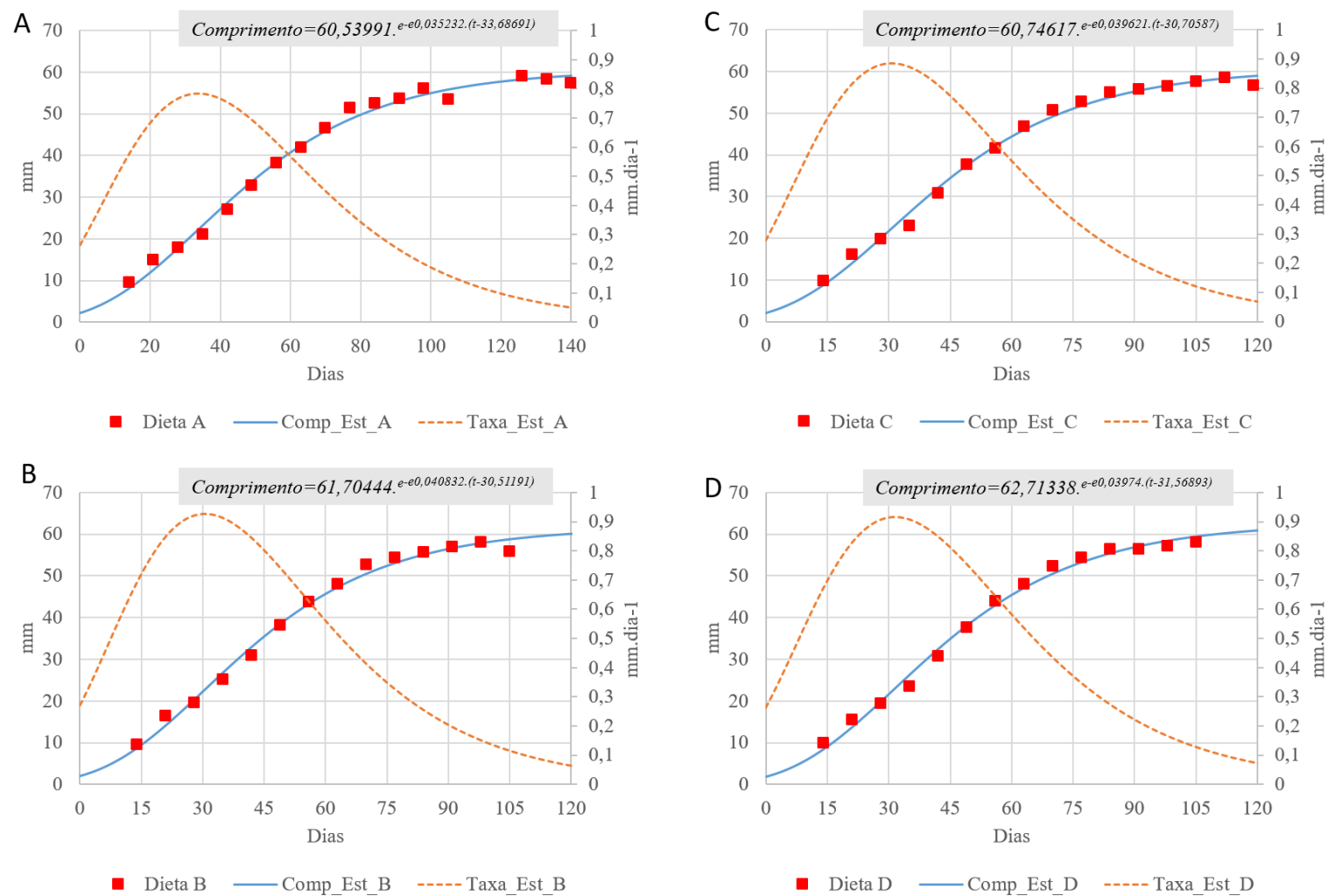


Figura 3.8. Evolução do comprimento das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta (valores reais, estimados e CMD (taxa)).

3.4.4. Taxa de mortalidade de acordo com a dieta

A taxa de mortalidade para a espécie *Zophobas morio*, de acordo com a dieta, está apresentada na Figura 3.9. Constatou-se que não existiram diferenças significativas ($P>0,05$) na taxa de mortalidade entre dietas.

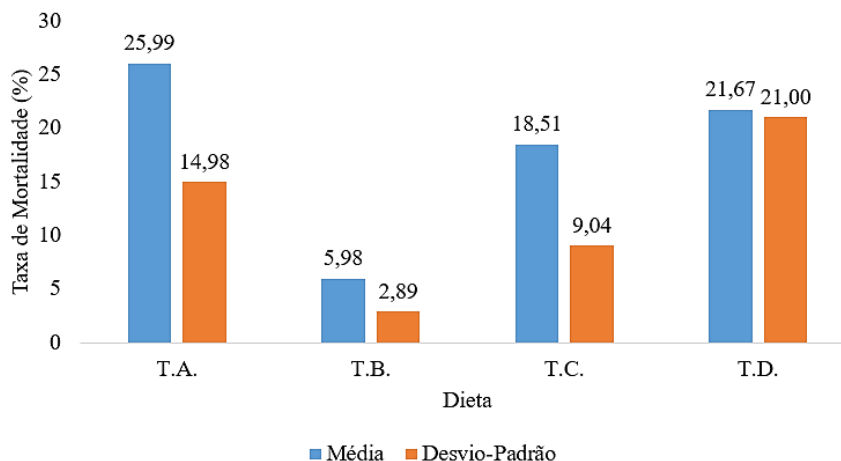


Figura 3.9. Taxa de mortalidade da espécie *Zophobas morio*, de acordo com a dieta.

3.4.5. Correlações – Idade, Peso e Comprimento de acordo com a dieta

Foram realizadas também correlações entre o comprimento, a massa e a idade para as larvas de *Zophobas morio* e constatou-se que existem correlações significativamente positivas entre estes parâmetros como se pode confirmar no Quadro 3.10. Na Figura 3.10 estão representadas as correlações entre o comprimento e massa das larvas, de acordo com a dieta, em função do tempo.

Quadro 3.10. Correlações entre massa e comprimento de acordo com a dieta, para as larvas de *Zophobas morio*.

	C_A	C_B	C_C	C_D	I	M_A	M_B	M_C	M_D
C_A	1					0,638**			
C_B		1					0,702**		
C_C			1					0,601**	
C_D				1					0,494**
I	0,909**	0,936**	0,920**	0,945**	1	0,971**	0,980**	0,983**	0,981**
C- Comprimento (mm), M- Massa (mg), I- Idade (dias)									
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo									

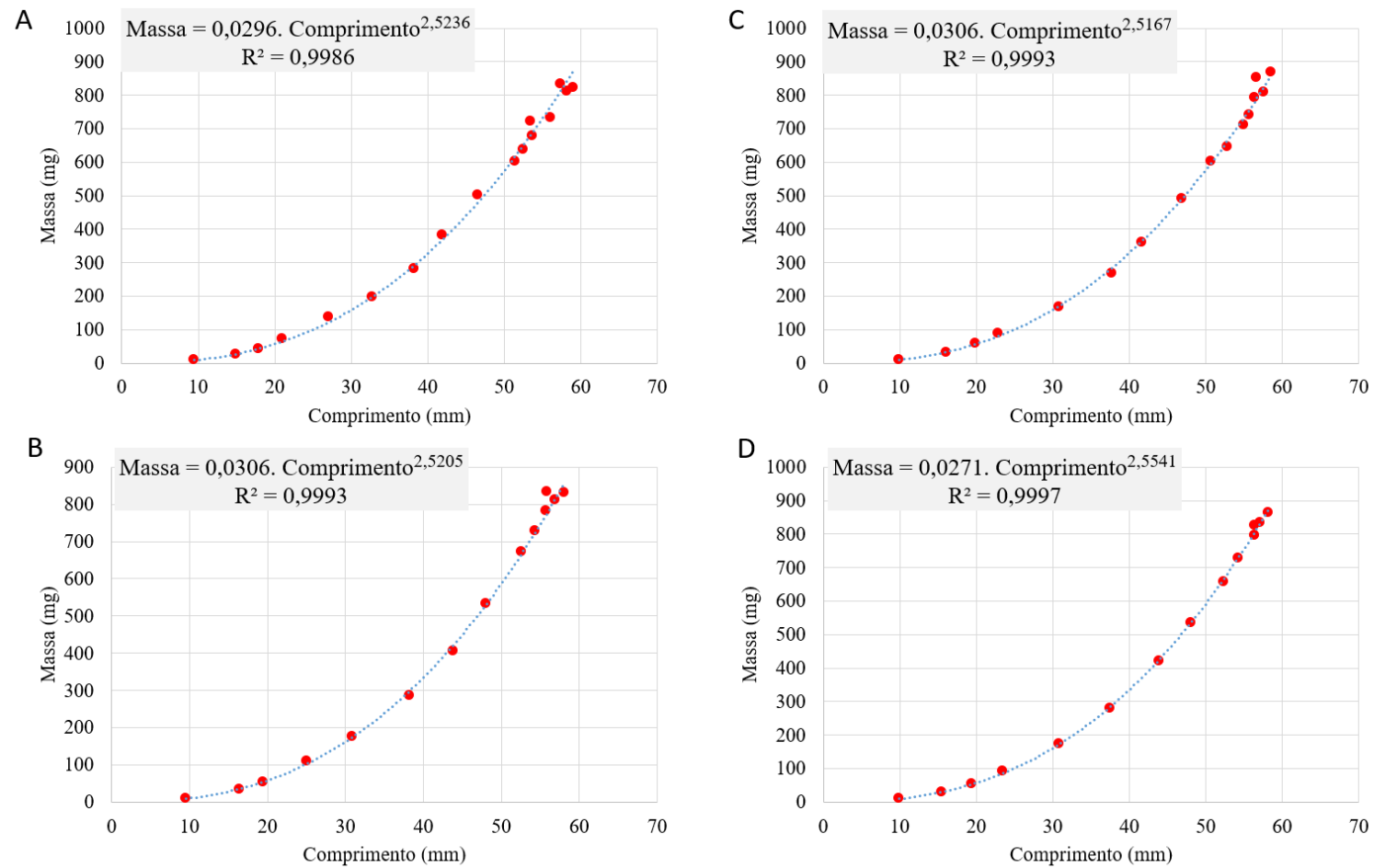


Figura 3.10. Correlação do comprimento e da massa das larvas de *Zophobas morio* para as dietas estudadas. A-Dieta A; B-Dieta B; C-Dieta C e D-Dieta D

3.5. Composição química das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta.

Os resultados da estatística descritiva (média, desvio-padrão, máximo, mínimo e coeficiente de variação) das análises químicas das larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com quatro dietas diferentes encontram-se expressos nos Quadros 3.11 e 3.12.

Quadro 3.11. Composição química das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta (Humidade e Cinzas), em %.

Parâmetros	Dieta	N	Média	±	D.P.	Mínimo	Máximo	CV
Humidade	A	9	66,724 ^{ab}	±	2,309	65,076	68,372	3,461
	B	9	63,794 ^a	±	3,243	62,146	65,442	5,085
	C	9	67,543 ^b	±	2,254	65,895	69,191	3,337
	D	9	68,915 ^b	±	1,620	67,268	70,564	2,351
	Sig.	**						
Total	36							
Cinzas na M.S.	A	9	4,148 ^c	±	0,220	3,998	4,299	5,318
	B	9	3,449 ^a	±	0,256	3,299	3,600	7,438
	C	9	3,860 ^b	±	0,188	3,710	4,012	4,873
	D	9	4,195 ^c	±	0,216	4,045	4,346	5,161
	Sig.	***						
Total	36							

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo

Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.

Quadro 3.12. Continuação. Composição química das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta (Proteína bruta e Gordura bruta), em %.

Parâmetros	Dieta	N	Média	±	D.P.	Mínimo	Máximo	CV
Proteína Bruta na M.S.	A	9	44,431 ^{ab}	±	2,216	43,023	45,839	4,989
	B	9	42,496 ^a	±	2,221	41,089	43,905	5,227
	C	9	44,474 ^{ab}	±	2,081	43,066	45,883	4,680
	D	9	45,408 ^b	±	1,738	44,000	46,817	3,827
	Sig.	*						
	Total	36						
Gordura Bruta na M.S.	A	9	22,213 ^a	±	2,010	20,240	24,187	9,049
	B	9	35,044 ^c	±	3,265	33,071	37,019	9,316
	C	9	27,477 ^b	±	2,275	25,504	29,452	8,280
	D	9	26,463 ^b	±	3,732	24,489	28,437	14,103
	Sig.	***						
	Total	36						
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo								
Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.								

Em relação ao teor de humidade (%) constatou-se que existiram diferenças significativas ($P < 0,01$), sendo que as larvas das dietas C e D apresentaram teores de humidade significativamente superiores às larvas da dieta B.

No que concerne ao teor de cinzas (%) verificou-se que existiram diferenças significativas ($P < 0,001$), sendo que, as larvas das dietas A e D obtiveram valores de teores de cinza mais elevados que os das restantes dietas e as larvas da dieta B obtiveram os teores de cinza mais baixos.

Relativamente ao teor de proteína bruta (%), constatou-se que existiram diferenças significativas ($P < 0,05$), entre as larvas da dieta B e as larvas da dieta D, sendo que as larvas da dieta B obtiveram teores de proteína bruta significativamente inferiores às larvas da dieta D.

No parâmetro gordura bruta (%), verificou-se a existência de diferenças significativas ($P < 0,001$), sendo que as larvas da dieta B obtiveram os melhores teores de gordura bruta.

Os resultados da estatística descritiva (média, desvio-padrão, máximo, mínimo e coeficiente de variação) da análise do teor de minerais das larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com quatro dietas diferentes encontram-se expressos nos Quadros 3.13 e 3.14.

Quadro 3.13. Composição mineral das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta (Potássio, Cálcio, Magnésio, Sódio e Ferro) em mg/100g.

Parâmetros	Dieta	N	Média	±	D.P.	Mínimo	Máximo	CV(%)
K	A	9	656,277 ^b	±	19,350	611,517	701,039	2,948
	B	9	515,477 ^a	±	71,306	470,716	560,238	13,833
	C	9	595,511 ^{ab}	±	44,116	550,750	640,272	7,408
	D	9	633,523 ^b	±	99,893	588,763	678,285	15,767
	Sig.	***						
	Total	36						
Ca	A	9	218,762 ^a	±	154,785	135,864	301,662	70,754
	B	9	150,301 ^a	±	123,252	67,403	233,201	82,003
	C	9	117,535 ^a	±	39,375	34,636	200,435	33,500
	D	9	218,540 ^a	±	137,577	135,641	301,439	62,952
	Sig.	NS						
	Total	36						
Mg	A	9	227,312 ^{ab}	±	34,099	184,988	269,636	15,000
	B	9	163,598 ^a	±	36,590	121,275	205,922	22,365
	C	9	179,782 ^a	±	48,033	137,459	222,106	26,717
	D	9	289,022 ^b	±	103,602	246,698	331,346	35,845
	Sig.	**						
	Total	36						
Na	A	9	182,741 ^b	±	6,254	175,798	189,685	3,422
	B	9	188,173 ^b	±	14,140	181,230	195,116	7,514
	C	9	158,127 ^a	±	10,021	151,185	165,071	6,337
	D	9	161,083 ^a	±	8,874	154,140	168,026	5,508
	Sig.	***						
	Total	36						
Fe	A	9	7,042 ^{ab}	±	1,148	4,084	10,001	16,302
	B	9	5,036 ^a	±	1,063	2,079	7,995	21,108
	C	9	4,746 ^a	±	0,893	1,788	7,705	18,815
	D	9	10,701 ^b	±	8,525	7,743	13,660	79,665
	Sig.	*						
	Total	36						

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo

Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.

Quadro 3.14. Continuação. Composição mineral das larvas de *Tenebrio molitor* de acordo com a dieta (Cobre, Zinco, Manganês e Fósforo) em mg/100g.

Parâmetros	Dieta	N	Média	±	D.P.	Mínimo	Máximo	CV(%)
Cu	A	9	22,145 ^{bc}	±	2,137	19,919	24,371	9,650
	B	9	18,393 ^{ab}	±	1,698	16,168	20,620	9,231
	C	9	17,913 ^a	±	1,683	15,688	20,140	9,395
	D	9	24,249 ^c	±	5,719	22,023	26,475	23,584
	Sig.	***						
Total	36							
Zn	A	9	15,518 ^{bc}	±	2,885	14,207	16,828	18,591
	B	9	11,851 ^a	±	0,966	10,541	13,162	8,151
	C	9	14,126 ^{ab}	±	1,796	12,816	15,437	12,714
	D	9	16,814 ^c	±	1,553	15,504	18,125	9,236
	Sig.	***						
Total	36							
Mn	A	9	2,884 ^a	±	0,399	2,519	3,249	13,834
	B	9	2,806 ^a	±	0,800	2,441	3,171	28,510
	C	9	3,911 ^b	±	0,218	3,547	4,277	5,574
	D	9	3,715 ^b	±	0,554	3,350	4,080	14,912
	Sig.	***						
Total	36							
P	A	9	701,514 ^b	±	91,879	640,173	762,856	13,097
	B	9	515,210 ^a	±	69,707	453,869	576,552	13,529
	C	9	593,233 ^{ab}	±	84,106	531,892	654,575	14,177
	D	9	659,529 ^b	±	110,783	598,188	720,870	16,797
	Sig.	**						
Total	36							
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo								
Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.								

Apenas não se verificaram diferenças significativas ($P>0,05$) no teor de cálcio para as larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com as quatro dietas estudadas.

3.6. Composição química das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta.

Os resultados da estatística descritiva (média, desvio-padrão, máximo, mínimo e coeficiente de variação) das análises químicas das larvas de *Zophobas morio* alimentadas com quatro dietas diferentes encontram-se expressos no Quadro 3.15.

Quadro 3.15. Composição química das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta (Humidade, Cinzas, Proteína bruta e Gordura bruta), em %.

Parâmetros	Dieta	N	Média	±	D.P.	Mínimo	Máximo	CV(%)
Humidade	A	9	60,217 ^a	±	2,819	58,630	61,806	4,682
	B	9	61,138 ^a	±	0,655	59,551	62,727	1,072
	C	9	59,466 ^a	±	3,432	57,879	61,054	5,771
	D	9	61,006 ^a	±	1,308	59,419	62,594	2,144
	Sig.	NS						
Total	36							
Cinzas na M.S.	A	9	2,457 ^a	±	0,175	2,322	2,593	7,146
	B	9	2,617 ^a	±	0,226	2,482	2,753	8,650
	C	9	2,452 ^a	±	0,191	2,317	2,588	7,813
	D	9	2,537 ^a	±	0,202	2,402	2,673	7,964
	Sig.	NS						
Total	36							
Proteína na M.S.	A	9	44,540 ^{ab}	±	2,216	43,132	45,948	4,975
	B	9	42,605 ^a	±	2,222	41,197	44,013	5,215
	C	9	44,583 ^{ab}	±	2,081	43,175	45,991	4,669
	D	9	45,517 ^b	±	1,738	44,110	46,926	3,818
	Sig.	*						
Total	36							
Gordura na M.S.	A	9	29,312 ^a	±	4,082	26,563	32,061	13,927
	B	9	34,506 ^b	±	5,100	31,758	37,256	14,770
	C	9	34,702 ^b	±	3,891	31,954	37,451	11,213
	D	9	33,878 ^{ab}	±	2,781	31,129	36,627	8,209
	Sig.	*						
Total	36							
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo								
Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.								

Não se constatarem diferenças significativas ($P>0,05$) no teor de humidade (%) nem no teor de cinzas (%) das larvas alimentadas com as quatro dietas diferentes.

Em relação ao teor de proteína bruta (%) verificou-se que existem diferenças significativas ($P<0,001$), entre as larvas da dieta B e as larvas da dieta D, sendo que, as larvas da dieta D possuem teores de proteína bruta significativamente superiores aos das larvas da dieta B.

No que concerne ao parâmetro gordura bruta (%) constou-se que as larvas das dietas B e C apresentam teores de gordura bruta significativamente ($p<0,001$) superiores à da dieta A.

Os resultados da estatística descritiva (média, desvio-padrão, máximo, mínimo e coeficiente de variação) da análise do teor de minerais das larvas de *Zophobas morio* alimentadas com quatro dietas diferentes encontram-se expressos nos Quadros 3.16 e 3.17.

Quadro 3.16. Composição mineral das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta (Potássio, Cálcio, Magnésio, Sódio e Ferro,) em mg/100g.

Parâmetros	Dieta	N	Média	±	D.P.	Mínimo	Máximo	CV(%)
K	A	9	471,032 ^b	±	24,290	440,939	501,125	5,156
	B	9	432,824 ^{ab}	±	21,560	402,732	462,917	4,981
	C	9	430,441 ^{ab}	±	52,912	400,349	460,534	12,292
	D	9	397,745 ^a	±	63,266	367,653	427,838	15,906
	Sig.	*						
	Total	36						
Ca	A	9	269,853 ^a	±	131,303	187,518	352,188	48,657
	B	9	245,400 ^a	±	96,274	163,066	327,736	39,231
	C	9	176,618 ^a	±	31,956	94,283	258,954	18,093
	D	9	274,690 ^a	±	176,885	192,355	357,025	64,394
	Sig.	NS						
	Total	36						
Mg	A	9	177,270 ^b	±	23,469	160,899	193,642	13,239
	B	9	164,298 ^{ab}	±	18,468	147,926	180,670	11,240
	C	9	146,416 ^a	±	24,500	130,044	162,788	16,733
	D	9	155,125 ^{ab}	±	28,868	138,754	171,497	18,609
	Sig.							
	Total	36	**					
Na	A	9	139,330 ^a	±	10,522	127,343	151,318	7,551
	B	9	140,690 ^a	±	10,680	128,703	152,677	7,591
	C	9	150,022 ^a	±	29,662	138,035	162,009	19,771
	D	9	159,990 ^a	±	11,919	148,004	171,978	7,449
	Sig.	NS						
	Total	36						
Fe	A	9	11,930 ^a	±	1,801	9,443	14,417	15,096
	B	9	12,356 ^a	±	4,617	9,870	14,843	37,366
	C	9	10,980 ^a	±	3,430	8,493	13,467	31,238
	D	9	8,807 ^a	±	4,161	6,320	11,294	47,246
	Sig.	NS						
	Total	36						

***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo

Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.

Quadro 3.17. Continuação. Composição mineral das larvas de *Zophobas morio* de acordo com a dieta (Cobre, Zinco, Manganês e Fósforo) em mg/100g.

Parâmetros	Dieta	N	Média	±	D.P.	Mínimo	Máximo	CV(%)
Cu	A	9	21,020 ^a	±	2,323	19,320	22,720	11,051
	B	9	20,293 ^a	±	2,959	18,593	21,993	14,581
	C	9	18,908 ^a	±	2,317	17,208	20,609	12,254
	D	9	20,191 ^a	±	2,355	18,491	21,892	11,663
	Sig.	NS						
Total	36							
Zn	A	9	12,883 ^b	±	1,129	12,100	13,667	8,763
	B	9	11,637 ^{ab}	±	1,618	10,855	12,421	13,903
	C	9	11,055 ^a	±	0,935	10,272	11,838	8,457
	D	9	12,052 ^b	±	0,742	11,852	13,419	6,156
	Sig.	**						
Total	36							
Mn	A	9	1,882 ^a	±	0,446	1,639	2,127	23,698
	B	9	2,267 ^{ab}	±	0,262	2,023	2,511	11,557
	C	9	2,330 ^{ab}	±	0,328	2,087	2,575	14,077
	D	9	2,670 ^b	±	0,375	2,427	2,915	14,044
	Sig.	**						
Total	36							
P	A	9	443,296 ^a	±	64,142	299,495	587,097	14,469
	B	9	349,448 ^a	±	58,250	205,648	493,250	16,669
	C	9	504,751 ^a	±	40,595	360,951	648,552	80,426
	D	9	403,345 ^a	±	84,331	259,545	547,147	20,907
	Sig.	NS						
Total	36							
***P<0,001; **P<0,01; *P<0,05; NS não significativo								
Letras diferentes na mesma coluna significam diferenças significativas (p<0,05) entre os respectivos testes.								

Não foram verificadas diferenças significativas ($P>0,05$) para o cálcio, sódio, ferro, cobre e fósforo nas larvas de *Zophobas morio* alimentadas com quatro dietas distintas.

3.7. Preço das dietas

Nos Quadros 3.18 e 3.19 é apresentado o preço (€/kg) para as quatro dietas aplicadas nas duas espécies e o efeito dessa dieta no GMD e tempo de desenvolvimento das larvas. Constata-se que a dieta B foi a mais barata e que foi aquela, para o caso da espécie *Tenebrio molitor*, que obteve o maior GMD e o menor tempo de desenvolvimento. Para o caso da espécie *Zophobas morio*, não existiram diferenças significativas ($p>0,05$) nas dietas B, C e D para o GMD.

Para ambas as espécies a dieta B foi aquela em que as larvas atingiram a fase de pupa num menor período de tempo.

Quadro 3.18. Preço da dieta para o crescimento das larvas de *Tenebrio molitor*.

Dieta	Preço (€/kg)	GMD (mg.dia ⁻¹)	Tempo de desenvolvimento com a dieta	Tempo total (+ 2 semanas iniciais)
A	0,67	2,340 ± 0,858	40,8 ± 22,5	55,8
B	0,46	4,452 ± 0,959	23,3 ± 4,04	38,3
C	0,70	3,325 ± 0,792	30,3 ± 4,04	45,3
D	0,49	2,825 ± 0,784	30,3 ± 4,04	45,3

Quadro 3.19. Preço da dieta para o crescimento das larvas de *Zophobas morio*.

Dieta	Preço (€/kg)	GMD (mg.dia ⁻¹)	Tempo de desenvolvimento com a dieta	Tempo total (+ 2 semanas iniciais)
A	0,67	7,943 ± 1,203	100,3 ± 22,5	115,3
B	0,46	9,700 ± 0,603	86,3 ± 4,0	101,3
C	0,70	8,502 ± 0,605	93,3 ± 10,7	104,0
D	0,49	9,348 ± 0,254	88,7 ± 4,0	103,7

DISCUSSÃO



4.1. Efeito da dieta nas larvas de *Tenebrio molitor*

Este estudo mostra que as larvas de *Tenebrio molitor* são afetadas pela dieta no seu desenvolvimento larval.

O número total de dias de desenvolvimento das larvas, tendo em conta que as larvas não iniciaram os ensaios recém-eclodidas, foi, para as quatro dietas, inferior aos obtidos por Junior *et al.* (2018), Broekhoven (2015), Morales-Ramos *et al.* (2015, 2010), sugerindo uma boa adaptação das larvas de *Tenebrio molitor* às dietas estudadas.

Em comparação com uma dieta baseada apenas em farelo de trigo, que apesar do preço por kilo ser inferior a todas as dietas estudadas (0,35 €/kg), as larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com as quatro dietas obtiveram tempos de desenvolvimento larval inferiores aos 84 dias relatados por Coudron *et al.* (2019); estes mesmos autores desenvolveram uma dieta (“INSECTUS Mealworm GrowTM”) cujo preço era de 0,53 €/kg e o tempo de desenvolvimento larval obtido foi de 63 dias, assim sendo, a dieta B desenvolvida neste trabalho teve um custo inferior e um menor tempo de desenvolvimento larval.

No que se refere aos resultados da massa final (mg) das larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com quatro dietas diferentes constatou-se que os valores obtidos foram superiores aos obtidos por Lainez (2017). As larvas alimentadas com a dieta B obtiveram a massa final mais elevada e esse resultado está de acordo com os valores referenciados por Makkar *et al.* (2014), porém mais elevados que os obtidos por Elorduy *et al.* (2002) e mais baixos que os obtidos por Kim *et al.* (2016).

Em relação ao comprimento final (mm) das larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com as quatro dietas verificou-se que os valores obtidos estão de acordo com os autores Ghaly & Alkoaik (2009) e Selaledi *et al.* (2019), no entanto, os valores de comprimento de larvas obtidos neste trabalho foram inferiores aos obtidos por Spang (2013) mas superiores aos alcançados por Barker (1998).

De forma semelhante à fonte de proteína, as fontes de amido também podem influenciar o desempenho larval, não só a quantidade absoluta de amido (Meireles *et al.*, 2009) mas, possivelmente a sua qualidade têm efeito sobre o crescimento sendo o amido da dieta B possivelmente superior ao das outras dietas.

O facto da dieta B ser a única com grãos de cevada pode indicar que possivelmente este ingrediente funciona como atrativo alimentar para as larvas de *Tenebrio molitor*, tal como é

explicado por Panizzi & Parra (2009) para a influência dos diferentes cereais nas diferentes espécies de insetos consideradas pragas de grãos armazenados, e talvez por isso tenham ingerido mais alimento num menor espaço de tempo. Os mesmos autores referem que vários estudos demonstraram que diferentes cultivares de cevada possuem elevados teores de lisina e quando combinado com a temperatura ambiental correta, as cultivares de cevada podem ter um efeito benéfico no crescimento de insetos.

No que diz respeito às taxas de mortalidade, apesar das diferenças verificadas no desempenho final das larvas (massa e comprimento), todas as dietas testadas obtiveram a mesma taxa de mortalidade, pois as variações ocorreram entre repetições e não entre dietas o que indica a adaptação das larvas aos diferentes alimentos utilizados.

As correlações entre a massa, o comprimento e a idade das larvas por dieta foram altamente significativas e com estas correlações foi possível a construção das curvas de correlação que permitem estimar a massa das larvas de cada uma das dietas através do seu comprimento. Não foram encontrados modelos de correlação entre a massa e comprimento para a espécie *Tenebrio molitor*.

Não foram encontrados estudos, na literatura existente, sobre GMD ou CMD e curvas estimadas de crescimento para a espécie *Tenebrio molitor*.

O teor de humidade presente na espécie *Tenebrio molitor*, para as quatro dietas, foi ao encontro do que se previa (Kröncke *et al.*, 2019; Costa, 2017; Finke, 2015), pois tal como acontece com a carne crua de outros animais produzidos na pecuária convencional (portfir.insa, 2018), a percentagem de humidade esteve entre os 50% e os 70%, sendo que este teor de humidade obtido se assemelhou mais com a carne de frango e com o salmão.

O teor de cinza das larvas de *Tenebrio molitor* foram semelhantes aos referidos por Kröncke *et al.* (2019), Ghosh *et al.* (2017), Ravzanaadii *et al.* (2012). Por outro lado, Costa (2017) e Siemianowska *et al.* (2013) obtiveram valores inferiores para o teor de cinzas de larvas de *Tenebrio molitor*. Em termos de teor de cinza, as larvas desta espécie apresentaram valores superiores aos das espécies pecuárias convencionais.

A proteína revelou-se o componente com maior relevância na composição das larvas de *Tenebrio molitor* para as quatro dietas. Os valores obtidos pelas larvas alimentadas com as quatro dietas foram inferiores aos registados por diversos autores (Kröncke *et al.*, 2019; Ghosh *et al.*, 2017 e Adámková *et al.*, 2016), no entanto, foram superiores aos resultados

obtidos por outros autores (Ghaly e Alkoaik, 2009; Belluco *et al.*, 2013; Yi *et al.*, 2013). Em comparação com as fontes convencionais de origem animal, as larvas de *Tenebrio molitor*, alimentadas com as quatro dietas estudadas, possuem teores proteicos mais elevados.

Os teores de gordura apresentados pelas larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com as quatro dietas foram superiores aos resultados obtidos por Siemianowska *et al.* (2013), porém os teores de gordura das larvas alimentadas com as dietas A, C e D foram inferiores aos obtidos por outros autores (Ghosh *et al.* 2017; Rumpold & Schluter, 2013; Finke, 2004).

O facto dos teores de gordura das larvas destas três dietas serem baixos podem ser justificados por Broekhoven *et al.* (2015) que afirmam que o teor de gordura das larvas é fortemente influenciado pelo conteúdo de proteínas e amido das suas dietas, sugerindo que as larvas provavelmente usam reservas de gordura para obterem energia e assim reduzem o seu teor de gordura.

Pode considerar-se que larvas desta espécie alimentadas com as quatro dietas possuem teores de gordura muito semelhantes aos encontrados na carne de pato e do salmão e superiores à maioria dos produtos de origem animal convencional (portfir.insa, 2018).

Diversos estudos demonstraram que a composição da dieta influencia o conteúdo lipídico dos insetos (Broekhoven, 2015; Makkar *et al.*, 2014), porém, a dieta C, foi aquela que apresentou um teor de gordura mais elevado e no entanto as larvas alimentadas com essa dieta não foram as que apresentaram maiores teores de gordura. Dreassi *et al.* (2017) referem que apesar da diferença do teor de gordura dos substratos de produção, tanto as larvas como as pupas de *Tenebrio molitor* mantém uma percentagem de gordura constante.

As larvas de *Tenebrio molitor*, das quatro dietas, apresentam teores de potássio (K) inferiores aos demonstrados por outros autores (Ghosh *et al.*, 2017; Ravzanaadii *et al.*, 2012 e Finke, 2004), no entanto superiores aos obtidos por Finke (2015). Em relação aos teores de cálcio, as larvas de *Tenebrio molitor* das quatro dietas apresentam valores acima do que está referenciado por outros autores (Ghosh *et al.*, 2017; Finke, 2015; Rumpold & Schluter, 2013; Ravzanaadii, *et al.*, 2012), o que pode indicar um bom desenvolvimento das larvas de *Tenebrio molitor* nas dietas estudadas, uma vez que, o cálcio está envolvido na instigação muscular, na regulação de respostas dos músculos aos estímulos e atua como ponte entre moléculas e, como tal, tem um papel estrutural nos invertebrados.

Relativamente ao magnésio, as larvas alimentadas com as dietas B e C obtiveram valores abaixo dos registados por Ghosh *et al.* (2017) e Rumpold & Schluter (2013), porém acima dos obtidos por Finke (2015). Já as larvas alimentadas com a dieta D obtiveram teores de magnésio superiores aos registados pela maioria dos autores (Ghosh *et al.*, 2017; Finke, 2015; Rumpold & Schluter, 2013), no entanto estes valores mais baixos apresentados pelas larvas das dietas B e C não dependem exclusivamente do teor de magnésio das dietas, já que, a dieta B era aquela que possuía maior teor de magnésio na sua composição. O magnésio funciona na via da glicólise, envolvida na conversão dos hidratos de carbono para produzir energia e em inúmeras ações enzimáticas (Cohen, 2015), ora se o teor de magnésio foi mais baixo nas larvas que foram alimentadas com as dietas que possuíam valores mais elevados de magnésio, é possível que essas larvas tenham tido necessidades maiores de conversão de hidratos de carbono em energia o que provavelmente se deveu ao facto das dietas possuírem valores inferiores de energia.

Relativamente ao teor de sódio das larvas das quatro dietas apresentaram valores acima dos referenciados por outros autores (Ghosh *et al.*, 2017; Rumpold & Schluter, 2013; Finke, 2004), no entanto, foram inferiores aos valores obtidos por Ravzanaadii *et al.* (2012). Para os valores do teor de ferro das larvas constata-se que as larvas alimentadas com as dietas A, B e C possuem valores inferiores aos obtidos por Ghosh *et al.* (2017) enquanto as larvas alimentadas com a dieta D possuem valores superiores a estes autores. As larvas das quatro dietas obtiveram teores de ferro superiores aos referenciados por diversos autores (Rumpold & Schluter, 2013; Ravzanaadii *et al.*, 2012; Finke, 2004), o que pode ser um bom indicador de uma boa adaptação das larvas às dietas, visto que, o ferro é muito importante em diversos processos biológicos, incluindo reações enzimáticas, produção da hormona da ecdise, processo de formação da cutícula e diversos processos metabólicos.

O teor de cobre alcançado pelas larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com as quatro dietas possuíram valores bastante superiores aos que estão referenciados na literatura (Ghosh *et al.*, 2017; Finke, 2015; Rumpold & Schluter, 2013). Relativamente aos teores de zinco, as larvas alimentadas com as dietas A, C e D apresentaram valores superiores aos de outros autores (Ghosh *et al.*, 2017; Finke, 2015; Rumpold & Schluter, 2013; Ravzanaadii *et al.*, 2012). Os resultados das larvas alimentadas com a dietas B está de acordo com Ghosh *et al.* (2017).

O teor de manganês alcançado pelas larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com as quatro dietas possuíam valores bastante superiores aos que está referenciado na literatura (Ghosh *et al.*, 2017; Finke, 2015; Rumpold & Schluter, 2013).

Em relação ao teor de fósforo alcançado pelas larvas de *Tenebrio molitor* alimentadas com as quatro dietas possuíam valores inferiores aos que está referenciado na literatura (Ghosh *et al.*, 2017; Finke, 2015; Rumpold & Schluter, 2013).

4.2. Efeito da dieta nas larvas de *Zophobas morio*

Este estudo demonstra que o desenvolvimento das larvas de *Zophobas morio* são afetadas pela dieta no seu desempenho larval.

O número total de dias de desenvolvimento das larvas, tendo em conta que as larvas não iniciaram os ensaios recém-eclodidas, foi, para as quatro dietas semelhantes aos resultados encontrados por Broekhoven (2015) para três das suas dietas.

No que se refere à massa final (mg) das larvas de *Zophobas morio* alimentadas com quatro dietas diferentes constatou-se que os valores obtidos são superiores aos obtidos por Barker (1998) e Finke (2015).

Em relação ao comprimento final (mm) das larvas constatou-se que os valores obtidos estão de acordo com os referenciados por Leung *et al.* (2012), no entanto, são inferiores aos referenciados por Schulte (2006) mas superiores aos referenciados por Arellano & Velásquez (2016).

Apesar das diferenças verificadas no desempenho final das larvas (massa e comprimento), todas as dietas testadas obtiveram a mesma taxa de mortalidade, pois as variações ocorreram entre repetições e não entre dietas o que indica a adaptação das larvas aos diferentes alimentos utilizados, as altas taxas de mortalidade encontradas nesta espécie, neste estudo, deveram-se ao canibalismo, característico desta espécie.

As correlações entre a massa, o comprimento e a idade das larvas por dieta foram altamente significativas. A construção das curvas de correlação permite estimar a massa das larvas de cada uma das dietas através do seu comprimento.

Não foram encontrados estudos sobre GMD ou CMD e curvas estimadas de crescimento para a espécie *Zophobas morio*.

O teor de humidade das larvas de *Zophobas morio* para as quatro dietas foi inferior aos valores encontrados por Finke (2015) mas superiores aos encontrados por Finke (2004). O teor de humidade é semelhante ao valor de outros produtos cárneos especialmente o salmão o cru (portfir.insa, 2018).

O teor de cinzas das larvas de *Zophobas morio*, para as quatro dietas, está de acordo com os teores obtidos por Rumpold & Schlüter (2013) e Finke (2004) e estes valores são ligeiramente superiores aos encontrados nas carnes convencionais.

A proteína revelou-se o parâmetro mais elevado na composição química das larvas, para as quatro dietas os resultados obtidos foram ligeiramente inferiores aos encontrados por Araújo (2019) e Finke (2004) e superiores aos obtidos por Adámková et al. (2016).

O teor de gordura apresentado pelas larvas das quatro dietas foi inferior aos resultados obtidos por Araújo et al. (2019), Adámková et al. (2016), Finke (2015) e Rumpold & Schlüter (2013), mas superiores aos obtidos por Yi et al. (2013).

Não existiram diferenças nos teores de cálcio, sódio, ferro, cobre e fósforos das larvas de *Zophobas morio* alimentadas com as quatro dietas. Os teores de cálcio, sódio, ferro e cobre analisados foram superiores, e o de fósforo foi inferior, aos obtidos por Finke (2015); Rumpold & Schlüter (2013).

O teor de potássio obtido nas larvas das quatro dietas foi superior ao obtido por Finke (2015) e inferior ao obtido por Rumpold & Schlüter (2013). O teor de magnésio nas larvas das quatro dietas foi superior ao obtido por Rumpold & Schlüter (2013) e inferior ao obtido por Finke (2015).

Em relação ao teor de zinco obtido nas larvas das quatro dietas foi superior ao obtido por Finke (2015) e Rumpold & Schlüter (2013). No que se refer ao teor de manganês, todos os resultados são inferiores aos encontrados por Finke (2015).

CONCLUSÃO

As larvas de *Tenebrio molitor*, alimentadas com a dieta B, obtiveram a maior massa e o maior comprimento final, assim como o melhor teor de gordura bruta.

O facto de as quatro dietas estudadas terem resultado em períodos de desenvolvimento diferentes entre elas, para ambas as espécies, pode ser vantajoso, uma vez que pode ser usado para intercalar produções, quando se pretende combinar produções precoces e tardias.

As dietas estudadas afetaram a composição nutricional das duas espécies e esta influência da dieta nas larvas de *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* pode ser uma ferramenta para adaptar a sua composição química dependendo do propósito de produção.

As larvas de *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio*, alimentadas com as quatro dietas estudadas, contêm um teor de proteínas e gordura bruta elevados, podendo constituir uma potencial alternativa à farinha de peixe e bagaço de soja dos alimentos compostos utilizados para alimentar as espécies pecuárias convencionais.

Apesar do preço das dietas estudadas serem ligeiramente superiores à dieta convencional de farelo de trigo, os resultados ao nível do tempo de produção, para as larvas de *Tenebrio molitor*, são melhores.

Este estudo foi pioneiro na avaliação de alguns parâmetros, para as espécies *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio*, tais como: GMD, CMD, estimativa de curvas de crescimento (massa e comprimento) e correlações entre massa e comprimento.

Propostas de trabalhos futuros:

- O estudo deve ser repetido mas abrangendo várias gerações;
- Determinação do teor de amido e dos hidratos de carbono totais das dietas;
- Quantificação e análise do perfil de aminoácidos das dietas e das larvas das duas espécies alimentadas com as quatro dietas;
- Quantificação e análise do perfil de ácidos gordos das dietas e das larvas das duas espécies alimentadas com as quatro dietas;
- Determinação do teor de quitina das larvas;
- Efeito das dietas na reprodução (taxa de fertilidade e taxa de eclosão);
- Cálculo da FCR e do índice de eficiência produtiva.

REFERÊNCIAS

- Adámková, A., Kouřimská, L., Borkovcová, M., Kulma, M., & Mlcek, J., 2016. Nutritional value of edible coleoptera (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Alphitobius diaperinus*) reared in the Czech Republic. *Potravinárstvo Scientific Journal for Food Industry*, 10, pp. 663-671. doi:10.5219/609
- Alltech Global Feed, S., 2019. 8 Th Annual alltech global feed survey. p. 5. Obtido em 6 de setembro de 2019, de https://www.alltech.com/sites/default/files/2019-01/GFS_Brochure_2019_English%20FINAL.pdf
- Alves, A., Sanjinez-Argandoña, E., Linzmeier, A., Cardoso, C., & Macedo, M., 2016. Food Value of Mealworm Grown on *Acrocomia aculeata* Pulp Flour. *Journal Plos One*. 11, p. 11. doi:10.1371/journal.pone.0151275
- AOAC., 1996. Official Methods of Analysis. Obtido em 15 de novembro de 2019, de <https://www.aoac.org/>
- Araújo, R., Benfica, T., Ferraz, V., & Santos, E., 2019. Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, pp. 22-26. doi:10.1016/j.jfca.2018.11.005
- Arellano, D., & Velásquez, S., 2016. Manual - Cría de Invertebrados para alimentación complementaria. Fundación Nacional de Parques Zoológicos y Acuarios. Gobierno Bolivariano de Venezuela, p. 35. Obtido em 1 de outubro de 2019, de <http://funpza.minec.gob.ve/wp-content/uploads/2016/09/Manual-para-la-Cr%CC3%ADa-de-Invertebra-dos.pdf>
- Barker, D., Fitzpatrick, M., & Dierenfeld, E., 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. *ZooBiology*, 17, pp. 123-134. doi:10.1002/(SICI)1098-2361(1998)17:2<123::AID-ZOO7>3.0.CO;2-B
- Behmer, S., & Nes, D., 2003. Insect Sterol Nutrition and Physiology: A Global Overview. *Physiology Advances in insect*, 31, pp. 1-72. doi:10.1016 / S0065-2806 (03) 31001-X
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C., Paoletti, M., & Ricci, A., 2013. Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review.

- Technologists, Institute of Food Technologists, 12, pp. 296 -313. doi:10.1111/1541-4337.12014
- Bernard , T., & Womeni, H., 2017. Entomophagy: Insects as Food. Insect Physiology and Ecology, Chapter 10, pp. 233-253. doi:10.5772/67384
- Broekhoven , S., Oonincx, D., Huis, A., & Loon, J., 2015. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. Journal of Insect Physiology, 73, p. 10. doi:/10.1016/j.jinsphys.2014.12.005
- Broekhoven, S., 2015. Quality and safety aspects of mealworms as human food, PhD thesis. Wageningen University. p. 178.
- Bruse, F., Meyer, M., & Schmidt, W., 2004. Cría y mantenimiento de Alimento vivo. Ediciones Reptilia, p. 142.
- Cassiano, F., 2014. Modelos de crescimento animal para tempos irregulares. Dissertação de mestrado em Estatística e Experimentação Agro-Pecuária. Universidade Federal de Lavras. Brasil., p. 53. Obtido em 17 de novembro de 2019, de http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4292/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Modelos%20de%20crescimento%20animal%20para%20dados%20irregulares.pdf
- Chang, H.-P., Ma, C.-C., & Chen, H.-S., 2019. Climate Change and Consumer's Attitude toward Insect Food, Int. J. Environ. Res. Public Health, 16, p. 17 . Obtido em 30 de outubro. doi:10.3390 / ijerph16091606
- Chapman, R., Simpson, S., & Douglas, A., 2013. The Insects: Structure and Function. Fifth edition, p. 929. Obtido em 6 de agosto de 2019
- Chastain, J., 2018. The art of live food culturing. Amphibianark.org, p. 15. Obtido em 20 de setembro de 2019, de <http://www.amphibianark.org/wp-content/uploads/2018/07/ABCM-Chastain-Insect-Culture.pdf>
- Child, R., 2007. Insect damage as a function of climate. National Museum of Denmark, pp. 57-60. Obtido em 14 de novembro de 2019, de https://natmus.dk/fileadmin/user_upload/natmus/bevaringsafdelingen/billeder/M_M/Museum_Microclimate/Contributions_to_the_conference/child.pdf

- Chow, C. K., 2008. Fatty Acids in Foods and their Health Implications. Third Edition. CRC Press. Food Science and Technology. Broken Sound Parkway NW. Obtido em 7 de outubro de 2019.
- Collavo, A., Paoletti, M., & Huang, Y.-S., 2005. Housecricket smallscale farming in Ecological implications of minilivestock:. Farming BIO: Indicators for Biodiversity in Organic and Low Input, p. 27. Obtido em 5 de agosto de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/288624354_Housecricket_smallscale_farming_in_Ecological_implications_of_minilivestock_potential_of_insects_rodents_frogs_and_snails
- Cohen, A. C., 2015. Insect Diets – Science and Technology, Second Edition. CRC Press. p. 428.
- Connat , J. L., Delbecque , J. P., Glitho, I., & Delachambre, J., 1991. The onset of metamorphosis in *Tenebrio molitor* larvae (Insecta, Coleoptera) under grouped, isolated and starved conditions. Journal of Insect Physiology, 37, pp. 653-657. doi:10.1016/0022-1910(91)90042-X
- Cookman, J. E., Angelo, M. J., Slansky, F., & Nation, J. L., 1984. Lipid content and fatty acid composition of larvae and adults of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis*, as affected by larval diet. Journal of Insect Physiology, 30, p. 523-527. doi:10.1016/0022-1910(84)90078-7
- Costa, F., & Gomes-Filho, A., 2002. Ecology, Behavior and Bionomics - Using body length measurements to study larval growth: A lepidopteran example. Neotropical entomology, 31, pp. 177-180. Obtido em 18 de novembro de 2019, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X200200002002
- Costa, J., Murta, D., & Magalhães, T., 2018. Produção, Processamento e Utilização de Insetos em Alimentação Animal. DGAV, p. 63. Obtido em 30 de julho de 2019, de https://docs.wixstatic.com/ugd/84b720_a27ee62e7fee4d43a2e1488e49c64bf1.pdf
- Costa, S., 2017. Proteína de larvas de *Tenébrio molitor* (L.,1758): Extração, caracterização e aplicação num produto alimentar. Mestrado em Segurança Alimentar. Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade de Lisboa. Portugal, p. 79. Obtido em 1 de agosto de 2019, de <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/13222>

- Coudron, C. L., Deruytter, D., Claeys, J., & Teerlinck, S., 2019. Optimizing growth during first weeks of *Tenebrio molitor* rearing. Conferência: EAAP 2018. Localização: Dubrovnik, Croácia. Obtido em 28 de novembro de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/336847525_Optimizing_growth_during_first_weeks_of_Tenebrio_molitor_rearing
- Couto-Ferreira¹, D., Marques, R., Guimarães, M., Neto, J., & Tinôco, M., 2011. Behavioral study of *Zophoras morio* (Coleoptera, Tenebrionidae) Development stages from the animal ecology and conservation centre – ecoa scientific creation. R. d. FZVA, 17(2), pp. 146-158. Obtido em 22 de agosto de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/277793083_Estudo_comportamental_das_fases_de_desenvolvimento_do_Zophobas_morio_Coleoptera_Tenebrionidae_da_criacao_cientifica_do_Centro_de_Ecologia_e_Conservacao_Animal_-_ECOIA
- Dossey, A., Morales-Ramos, J., & Rojas, M., 2016. Insects as Sustainable Food Ingredients Production, Processing and Food Applications. In book: Insects as Sustainable Food Ingredients. Academic Press publications, pp. 153 - 201. doi:10.1016/B978-0-12-802856-8.00006-5
- Dreassi, E., Cito, A., Zanfini, A., Materozzi, L., Botta, M., & Francardi, V., 2017. Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). S. AOCS, 52, pp. 285-294. doi:10.1007 / s11745-016-4220-3
- Dreassi, E., Cito, A., Zanfini, A., Materozzi, L., Botta, M., & Francardi, V., 2016. Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). AOCS Springer, 52, p. 10. doi:10.1007 / s11745-016-4220-3
- EFE, A., 2018. Produção de carne no mundo crescerá 20% até 2030, segundo agência da ONU. AgroNegócios, Obtido em 29 de julho de 2019, de Produção de carne no mundo crescerá 20% até 2030, segundo agência da ONU: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2018/10/17/producao-de-carne-no-mundo-aumentara-em-20-ate-2030-segundo-agencia-da-onu.ghtml>
- EFSA., 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. European Commission, p. 60. doi:10.2903/j.efsa.2015.4257

- Elhassan, M., Wendin, K., Olsson, V., & Langton, M., 2019. Quality Aspects of Insects as Food—Nutritional, Sensory, and Related Concepts. *Foods* MDPI, 8, p. 14. doi:10.3390/foods8030095
- Elorduy, J., González, E., Hernández, A., & Pino, J., 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. 95(1), pp. 214-220. doi:10.1603 / 0022-0493-95.1.214
- Erens, J., Es van, S., Fay, H., Kapsomenou, E., & Luijben, A., 2012. A Bug's Life-Large-scale insect rearing in relation to animal welfare. Wageningen UR, p. 58. Obtido em 6 de novembro de 2019, de <http://venik.nl/site/wp-content/uploads/2013/06/Rapport-Large-scale-insect-rearing-in-relation-to-animal-welfare.pdf>
- FAO., 2006. Livestock's long shadow - Environmental issues and options. p. 416. Obtido em 1 de agosto de 2019, de <http://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf>
- Fasel, N., Mene-Saffrane, L., Ruczyński, I., & Komar, E., 2017. Diet Induced Modifications of Fatty-Acid Composition in Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor*). *Journal of Food Research*, 6, pp. 22-31. doi:10.5539 / jfr.v6n5p22
- Feedipedia., 2018. Animal feed resources information system FAO. Valor nutricional de cereais e leguminosas. Obtido de <https://www.feedipedia.org/content/feeds?category=13588>
- Feedipedia., 2019. Tables of chemical composition and nutritional value - Mealworm (*Tenebrio molitor*). Sistema de Informação sobre recursos alimentares para animais da FAO. Obtido em 14 de outubro de 2019, de <https://www.feedipedia.org/node/16401>
- Feng, S., 2018. *Tenebrio molitor* L., entomophagy and processing into ready to use therapeutic ingredients: a review. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 8, pp. 280-285. doi:10.15406/jnhfe.2018.08.00283
- Fernandes, G.; Fernandes, F.; Mousquer, C.; Silva, M.; Freiria, L.; Feijó, L.; Ferreira, V.; Silva, A., 2013. Modelos não lineares na descrição do crescimento ponderal de bovinos de corte. *Londrina. PUBVET*, 7, p. 24. Obtido em 17 de novembro de 2019, de <http://www.pubvet.com.br/uploads/b7f95ad8dfd5d81274d7a65c27f0d746.pdf>
- Finke, M. D., 2004. *Encyclopedia of Entomology*. Springer. Scottsdale, Arizona, USA. doi:10.1007/0-306-48380-7_2920

- Finke, M. D., 2004. Nutrient Content of Insects - Organic Value Recovery Solution Studies. Encyclopedia of Entomology, pp. 1563-1575. doi:10.1007/0-306-48380-7_2920
- Finke, M. D., 2015. Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo Biol*, 34, pp. 554-564. doi:10.1002/zoo.21246
- Finke, M., & Oonincx, D., 2014. Insects as Food for Insectivores. Mass Production of Beneficial Organisms. Chapter 17. pp. 583-616. doi:10.1016/B978-0-12-391453-8.00017-0
- Forster, A., 2013. When growth models are not universal: evidence from marine invertebrates. *Proceedings of the royal society B*, 280, p. 7. doi:10.1098/rspb.2013.1546
- Fraenkel, G. S., 1958. The Effect of Zinc and Potassium in the Nutrition of *Tenebrio Molitor*, with Observations on the Expression of a Carnitine Deficiency. *The Journal of Nutrition* (65), pp. 361-395. doi:10.1093/jn/65.3.361
- Freitas, A. R., 2007. Estimativas de curvas de crescimento na produção animal. Embrapa Documento 68, p. 29. Obtido em 16 de novembro de 2019, de <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/47111/curvas-de-crescimento-na-producao-animal>
- Friederich, U., & Volland, W., 2004. Breeding Food Animals: Live Food for Vivarium Animals. Malabar. Florida. Krieger publishing company. p. 178.
- Galina, S., & Popa, M., 2009. Determination of the moisture content in infrared dried apples. Fascicle VI – Food Technology, New Series Year III. Paper presented at the International Symposium Euro, p. 39-44. Obtido em 7 de novembro de 2019, de <https://pdfs.semanticscholar.org/2574/e7241125a9b1eea186c4863421b32e5c09fe.pdf>
- Ghaly, A., & Alkoaik, F., 2009. The Yellow Mealworm as a Novel Source of Protein. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 4, pp. 319-331. doi:10.3844 / ajabssp.2009.319.331

- Ghosh, S., Lee, S.-M., Jung, C., & Meyer-Rochow, V. B., 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20, pp. 686-694. doi:10.1016/j.aspen.2017.04.003
- Govorushko, S., 2019. Global status of insects as food and feed source: A review. *T. I. Technology*, 91, pp. 436-445. doi:10.1016/j.tifs.2019.07.032
- Grau, T., Vilcinskis, A., & Gerrit, J., 2017. Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *De Gruyter*, 72, pp. 337-349. doi:10.1515/znc-2017-0033
- Halloran, A., Hansen, H., Jensen, L., & Bruun, S., 2018. Comparing Environmental Impacts from Insects for Feed and Food as an Alternative to Animal Production. In book: *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. Springer International Publishing, pp. 163-180. doi:10.1007 / 978-3-319-74011-9_11
- Hardouin, J., & Mahoux, G., 2003. Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. *Faculté universitaire des Sciences agronomiques*, p. 164. Obtido em 22 de agosto de 2019, de http://www.ethno-terroirs.cnrs.fr/base/format_long.php?fiche=7392
- Hill, D. S., 2002. *Pests of Stored Foodstuffs and Their Control*. Springer Science + Business Media BV, pp. 135-315. doi:10.1007/0-306-48131-6
- Hopkins, K., 1973. Effect of Moisture on the Lipid Content and Composition of Two Strains of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). *Journal stored Prod. I&S*, 8, pp. 299-305. doi:10.1016/0022-474X(73)90046-5
- Hopley, D., 2016. The evaluation of the potential of *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Nauphoeta cinerea*, *Blaptica dubia*, *Gromphardhina portentosa*, *Periplaneta americana*, *Blatta lateralis*, *Oxyhalao duستا* and *Hermetia illucens* for use in poultry feeds . Thesis for the degree of Masters of Science in Agriculture (Animal Sciences) at Stellenbosch University, p. 90. Obtido em 30 de setembro de 2019, de <https://pdfs.semanticscholar.org/d791/dadd1ea5de686956e8c2493d1801f7b86a57.pdf>
- Huis, A., 2013. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*. 58, pp. 563-583. doi:10.1146/annurev-ento-120811-153704

- Huis, A., Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P., 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. *FAO*, p. 201 .
Obtido em 30 de julho de 2019, de <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>
- Huis, Arnold Van., 2019. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, p. 19. doi: 10.3920 / JIFF2019.0017
- Ichikawa, T., & Kurauchi, T., 2009. Larval cannibalism and pupal defense against cannibalism in two species of tenebrionid beetles. *Zoolog Sci*, 26, pp. 525-529. doi:10.2108/zsj.26.525.
- IPIFF., 2018. The european insect sector today: Challenges, opportunities and regulatory landscape. Obtido de IPIFF vision paper on the future of the insect sector towards 2030:[http://ipiff.org/wp-content/uploads/2018/11/Web version_IPIFF_Susta_inability-consult_Brochure-31-10-1.pdf](http://ipiff.org/wp-content/uploads/2018/11/Web_version_IPIFF_Susta_inability-consult_Brochure-31-10-1.pdf)
- IPIFF., 2019. Guide on Good Hygiene Practices. p. 100. Obtido em 13 de novembro de 2019, de http://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/03/IPIFF_Guide_A4_2019-v5-separate.pdf
- Jansson, A., & Berggren, A., 2015. Insects as food – something for the future? *S. -S. Sciences*, p. 34. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/299598712_Insects_as_food_-_something_for_the_future
- Junior, J., Ferreira, L., & Pederiva, K., 2018. Desenvolvimento de larvas de *Tenebrio molitor* L. em diferentes dietas visando a produção de insetos para consumo humano. *ConnectiOn Line, Revista Eletronica do Univag*, p. 101. doi:10.18312/2F1980-7341.n18.2018.822
- Kim, S., Kim, H., Lee, K., & Yoon, H. (2016). Effects of Brewer's spent grain (BSG) on larval growth of mealworms, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *International Journal of Industrial Entomology*, 32, pp. 41-48. doi:10.7852 / ijie.2016.32.1.41
- Kim, S., Kim, H., Song, H., & Kim, N., 2015. Developmental characteristics of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars. I. *J. Entomol, Int. J. Indust Entomol.*, 30(2), pp. 15-49. doi:10.7852 / ijie.2015.30.2.45

- Koo, H.-Y., Kim, S.-G., Oh, H.-K., Kim, J.-E., Choi, D.-S., Kim, D.-I., & Kim, I. 2013. Temperature-dependent Development Model of Larvae of Mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Korean J. Appl. Entomol.*, 52(4), pp. 387-394. doi:10.5656/KSAE.2013.11.0.066
- Kröncke, N., Grebenteuch, S., Keil, C., Demtröder, S., Kroh, L., Thünemann, A., . . . Haase, H., 2019. Effect of Different Drying Methods on Nutrient Quality of the Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Journal Insects*, 10, p. 13. doi:10.3390/insects10040084
- Lainez, E., 2017. Influencia de diferentes dietas en la composición nutricional del insecto comestible *Tenebrio molitor* y estudio de su pardeamiento. Grado en Innovación en procesos y productos alimentarios. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra., p. 43. Obtido em 16 de agosto de 2019, de <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/26036/TFG%20-%20Mendoza%20Lainez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lee, K., Simpson, S., & Wilson, K., 2008. Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology*. 22, p. 1052-1061. doi:10.1111 / j.1365-2435.2008.01459.x
- Leung, D., Yang, D., Li, Z., Zhao, Z., Chen, J., & Zhu, L., 2012. Biodiesel from *Zophobas morio* Larva Oil: Process Optimization and FAME Characterization. *Industrial & Engineering Chemistry Research* . American Chemical Society, 51, pp. 1036-1040. doi:10.1021/ie201403r
- Maino, J. L., & Kearney, M. R., 2015. Testing mechanistic models of growth in insects. *Proceedings of the royal society B*, 282, p. 9. doi:10.1098/rspb.2015.1973
- Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P., 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* (197), pp. 1-33. doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008
- Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P., 2014. A. F. Technology, State-of-the-art on use of insects as animal feed, 197, pp. 1-33 pp. Obtido em 9 de setembro de 2019.
- Mancini, S., Filippo, F., Turchi, B., Mattioli, S., Dal Bosco, A., Tuccinardi, T., . . . Paci, G., 2019. Former foodstuff products in *tenebrio molitor* rearing: Effects on growth,

- chemical composition, microbiological load, and Antioxidant Status. *Animals*, 9, p. 13. doi:10.3390 / ani9080484
- Mariod , A., Abdel-Wahab , S., & Mohd Ain, N., 2011. Proximate amino acid, fatty acid and mineral composition of two Sudanese edible pentatomid insects. *International Journal of Tropical Insect Science* 31, pp. 145-153. doi:10.1017/S1742758411000282
- Meireles, E., Carneiro, C., Matta, R., Samuels, R., & Silva, C., 2009. Digestion of Starch Granules from Maize, Potato and Wheat by Larvae of the the Yellow Mealworm, *Tenebrio molitor* and the Mexican Bean Weevil, *Zabrotes subfasciatus* (Vol. 9). *Journal Insect Science*. Obtido em 3 de setembro de 2019, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3011845/pdf/031.009.4301.pdf>
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., & Shapiro-Ilan, D. I., 2013. Introduction in: Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens. pp. 1-15. Obtido em 20 de setembro de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/270274339_Mass_Production_of_Beneficial_Organisms_Invertebrates_and_Entomopathogens
- Morales-Ramos, J., Kay, S., Rojas, G., Shapiro-Ilan, D., & Tedders, L., 2015. Morphometric Analysis of Instar Variation in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 108, pp. 146-159. doi:10.1093/aesa/sau049
- Morales-Ramos, J., Rojas, G., & Shapiro - llan, D., 2014. Artificial Diet Development for Entomophagous Arthropods. Academic Press p. 42. doi:10.1016 / B978-0-12-391453-8.00007-8
- Morales-Ramos, J., Rojas, M. G., Shapiro-Ilan, D., & Tedders, W. L., 2013. Use of Nutrient Self-Selection as a Diet Refining Tool in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Entomological Science*, 48, pp. 206-221. doi:10.18474/0749-8004-48.3.206
- Morales-Ramos, J., Rojas, M., Shapiro-Ilan, D., & Tedders, W., 2010. Developmental Plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of Instar Variation in Number and Development Time under Different Diets. *Journal of Entomological Science* (45), pp. 75 - 90. doi:10.18474 / 0749-8004-45.2.75

- Morgan, T., Baker, P., Kramer, K., Basibuyuk, H., & Quicke, D., 2003. Metals in mandibles of stored product insects: do zinc and manganese enhance the ability of larvae to infest seeds? *Journal of Stored Products Research*, 39. doi:10.1016/S0022-474X(02)00019-X
- Morton, D., DeFries, R., Shimabukuro, Y., Anderson, L., Arai, E., Espirito-Santo, F., . . . Morisette, J., 2006. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *PNAS*, 39, pp. 14637-14641. doi:10.1073/pnas.0606377103
- Oonincx, D. G., 2015. Insects as food and feed: nutrient composition and environmental impact. Thesis of the doctor. Wageningen University, p. 200. Obtido em 2 de novembro de 2019, de <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/481040>
- Oonincx, D. G., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & Van Loon, J. J., 2015. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS One*, 10, p. 10. doi:10.1371/journal.pone.0144601
- Oonincx, D. G., Van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J., Van den Brand, H., Van Lood, J. J., & Van Huis, A., 2010. An exploraration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animals or human consumption. *PLoS One*, 12, p. 7. doi:10.1371/journal.pone.0014445
- Oonincx, D., & Boer, I., 2012. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. *Plos One*, 7, p. 6. doi:10.1371 / journal.pone.0051145
- Özsoy, Abdullah Nuri., 2019. Modeling of development and water consumption of mealworm (*Tenebrio molitor* L., 1758) (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae using nonlinear growth curves and polynomial functions. *Turkish Journal of Entomology*, 43, pp. 253-262. doi:10.16970/entoted.487815
- Panizzi, A., & Parra, J., 2009. Bioecologia e nutrição de insetos - Base para o manejo integrado de pragas. Embrapa, p. 935. Obtido em 6 de agosto de 2019
- Park, J., Choi, W., Kim, S., Jin, H., Han, Y., Lee, Y., & Kim, N., 2014. Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) in different instars. 28(1), p. 5-9. doi:10.7852/ijie.2014.28.1.5

- Park, Y.-K., Choi, Y.-C., Lee, Y.-B., Lee, S.-H., Lee, J.-S., & Kang, S.-H., 2012. Fecundity, Life span, Developmental periods and Pupal weight of *Tenebrio molitor* L.(Coleoptera: Tenebrionidae). Journal Entomol. Sci., 16, pp. 126 - 132. doi:10.7852 /jses.2012.50.2.126
- Payne, C. L., Scarborough, P., Rayner,, M., & Nonaka, K., 2015. Are edible insects more or less ‘healthy’ than commonly consumed meats—A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over and undernutrition. Eur. J. Clin. Nutr, 70, pp. 285-291. doi:10.1038/ejcn.2015.149
- Peters, R. H., 1986. The ecological implications of body size. Cambridge Studies in Ecology. First edition, p. 65. Obtido em 18 de novembro de 2019
- portfir.insa., 2018. Tabela de Composição de alimentos - PT. Obtido em 25 de outubro de 2019, de <http://portfir.insa.pt/#>
- Poshadri, A., Palthiya, R., & Butti, P., 2018. Insects as an Alternate Source for Food to Conventional Food Animals. International Journal of Pure e Applied Bioscience, 2(6), pp. 697-705. doi:10.18782/2320-7051.5356
- Premalatha, M., Abbasi, T., Ababasi, T., & Abbasi, S. A., 2011. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15. doi:10.1016/j.rser.2011.07.115
- Pushkin, S., Ashotovich, A., Vladimirovich, R., Povetkin , S., Nikolaevich, S., & Svetlakova, E., 2018. AFM and CT Study of *Zophobas morio* Morphology and Microstructure. *Entomology and Applied Science Letters*, 5, pp. 35-40. Obtido em 3 de outubro de 2019, de <https://easletters.com/index.php?journal=journal&page=article&op=view&path%5B%5D=254>
- Quennedey, A., Aribi, N., Everaerts, C., & Delbecque, J.-P., 1995. Postembryonic Development of *Zophobas atratus* Fab. (Coleoptera: Tenebrionidae) under Crowded or Isolated Conditions and Effects of Juvenile Hormone Analogue Applications. J. Insect Physiol., 41(2), pp. 143-152. doi:10.1016/0022-1910(94)00091-T
- Ramos-Elorduy, J., Gonza´lez, E., Herna´ndez,, A., & Pino, J. (2002). Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. Veterinary entomology,, 95, pp. 214-220. doi:10.1603 / 0022-0493-95.1.214

- Ravzanaadii, N., Kim, S.-H., Choi, W. H., Hong, S.-J., & Kim, N. J., 2012. Nutritional Value of Mealworm, *Tenebrio molitor* as Food Source. *Int. J. Indust. Entomol*, 25, pp. 93-98. doi:10.7852/ijie.2012.25.1.093
- Resh, V., & Carde', R., 2009. *Encyclopedia of Insects*. Second edition, Chapter 183. Nutrition. Obtido em 7 de agosto de 2019.
- Rho, M., & Lee, K., 2014. Geometric analysis of nutrient balancing in the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). (Vol. 71). *Journal Insect physiol.* doi:10.1016 / j.jinsphys.2014.10.001
- Ribeiro, N., 2017. *Tenebrio molitor* for food or feed Rearing conditions and the effect of pesticides on its performance. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Gestão Ambiental. Escola Superior Agrária de Coimbra. Politécnico de Coimbra. Portugal, p. 70. Obtido em 15 de agosto de 2019, de <https://pdfs.semanticscholar.org/7e4b/a2fc7df0a362fb58bbf4960275af62fff513.pdf>
- Ribeiro, Nuno; Abelho, Manuela; Costa, Rui., 2018. Uma revisão da literatura científica para condições ótimas para a criação em massa de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. of Entomolog. Science*, 53(4), pp. 434-454 pp. Obtido em 20 de agosto de 2019, de <https://bioone.org/journals/journal-of-entomological-science/volume-53/issue-4/JES17-67.1/A-Review-of-the-Scientific-Literature-for-Optimal-Conditions-for/10.18474/JES17-67.1.short>
- Rumpold, B., & Schlüter, O., 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, pp. 1 - 11. doi:10.1016/j.ifset.2012.11.005
- Scapim, J., 2008. Modelo de von Bertalanffy generalizado aplicado à curvas de crescimento animal. *Dissertação de mestrado em Matemática Aplicada*. Universidade Estadual de Campinas. Brasil, p. 154. Obtido em 17 de novembro de 2019, de http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/306495/1/Scapim_Juliana_M.pdf
- Schulte, R., 2006. El manejo de *Zophobas morio* (coleoptera: tenebrionidae) en climas tropicales humedos. *Folia amazonica* , 8, p. 29. doi:10.24841 / fa.v8i2.321

- Selaledi, L., Mbajiorgu, C., & Mabelebele, M., 2019. The use of yellow mealworm *Tenebrio molitor* as alternative source of protein in poultry diets: a review. *Tropical Animal Health and Production*, p. 10. doi:10.1007 / s11250-019-02033-7
- Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A., & Jedras, M., 2013. Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agri. Sci.*, 4, pp. 287-291. doi:10.4236 / as.2013.46041
- Silva, J., 2017. Comparação transcricional dos túbulos de malpighi e corpo gorduroso de *Zophobas morio*: função de amp-coa ligases nos túbulos e relação com lanternas de *Arachnocampa luminosa*. Tese de PósGraduação em Genética Evolutiva e Biologia para obtenção do título de doutora em Ciências. Universidade Federal de São Carlos. Brasil, p. 114. Obtido em 1 de outubro de 2019, de https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9823/TESE_JAQUELINE_R_SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sirimungkararat, S., Saksirirat, W., Nopparat, T., & Natongkham, A., 2010. Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand. *Forest insects as food: humans bite back*. FAO, pp. 198 - 200. Obtido em 30 de outubro de 2019, de <https://cirs.ucr.edu/pdf/edible-forest-inescts.pdf#page=198>
- Spang, B., 2013. Insects as food: Assessing the food conversion efficiency of the mealworm (*Tenebrio molitor*). Master of Environmental Studies p. 77. Obtido em 5 de agosto de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/259398797_Insects_as_food_Assessing_the_food_conversion_efficiency_of_the_mealworm_Tenebrio_molitor
- Spencer, W., & Spencer, J., 2006. Management Guideline Manual for Invertebrate Live Food Species. Overseer of Aquarium, Reptiles and Amphibians. Bristol Zoo Gardens. United Kingdom, p. 54 . Obtido em 16 de agosto de 2019, de <http://www.amphibianark.org/wp-content/uploads/2018/07/EAZA-Management-Guideline-Manual-for-Invertebrate-Live-Food-Species.pdf>.
- Tammaru, T., & Esperk, T., 2007. Growth allometry of immature insects: larvae do not grow exponentially. *Functional Ecology*, 21, pp. 1099-1105. doi:10.1111/j.1365-2435.2007.01319.x

- Thompson , S., & Hagen, K., 1999. Nutrition of Entomophagous Insects and Other Arthropods. *Annu. Ver. Entomol.*, pp. 594 - 652. Obtido em 7 de agosto de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780122573057500692>
- Vendl, T., Šípek, P., Kouklík, O., & Kratochvíl , L., 2018. Hidden complexity in the ontogeny of sexual size dimorphism in male-larger beetles. *Scientific Reports*, 8, p. 10. doi:doi:10.1038/s41598-018-24047-1
- Weaver, D. K., & McFarlane, J. E., 1990. The effect of larval density on growth and development of *Tenebrio molitor*. *J. Insect Physiol.*, 36, pp. 531-536. doi:10.1016/0022-1910(90)90105-O
- Wemans, M.,(2015). Insetos comestíveis Avaliação Nutricional de duas espécies comercializadas em Portugal. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Alimentar Ramo de Processamento dos Alimentos. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. Portugal, p. 67. Obtido de <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/9247/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20FINAL%20PW%20AO.pdf>
- Yi, L., Lakemond, C. M., Sagis, L., Eisner-Schadler , V., van Huis, A., & Boekel, M., 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*, 141, pp. 3341-3348. doi:10.1016/j.foodchem.2013.05.115
- Young , K., Bin Park, S., Bo Lee, J., Joo Yoon, Y., & Nam, K., 2015. Growth characteristics of mealworm *Tenebrio molitor*. *Journal of Sericultural and Entomological Science*, 53, pp. 1-5. doi:10.7852 / jses.2015.53.1.1
- Zaelor, J., & Sangvorn, K., 2018. Growth response to population density in larval stage of darkling beetles (Coleoptera; Tenebrionidae) *Tenebrio molitor* and *Zophobas atratus*. *Agriculture and Natural Resources*, 52, pp. 603-606. doi:10.1016/j.anres.2018.11.004
- Zotin, A. A., 2015. The United Equation of Animal Growth. *American Journal of life Sciences*, 3, pp. 345-351. doi:10.11648 / j.ajls.20150305.12

PUBLICAÇÕES



1.1.Publicados

2 Publicações (em Poster) no Congresso Ibérico de Entomologia - Madrid - julho 2019

1-Efeito da dieta na curva de crescimento de larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae)

2- Efeito da dieta na curva de crescimento de larvas de *Zophobas morio* (Coleóptera, Tenebrionidae)



4 Publicações científicas (em Poster) no Congresso Internacional de Produção e Utilização de Insetos - Insecta 19 – Portugal – junho 2019

1 - Estimativa da massa (mg) das larvas de *Tenebrio molitor* (Coleóptera, Tenebrionidae): Efeito da variação da dieta

2 Estimativa da massa das larvas de *Zophobas morio* (Coleóptera, Tenebrionidae): Efeito da variação da dieta

3-Efeito da dieta sobre os resultados biométricos das pupas de *Tenebrio molitor* (Coleóptera, Tenebrionidae)

4-Efeito da dieta sobre os resultados biométricos dos escaravelhos de *Tenebrio molitor* (Coleóptera, Tenebrionidae)



4 artigos na Revista Portuguesa Insecta – APEZ (2019)

1 - Estimativa da massa (mg) das larvas de *Tenebrio molitor* (Coleóptera, Tenebrionidae): Efeito da variação da dieta

2 Estimativa da massa das larvas de *Zophobas morio* (Coleóptera, Tenebrionidae): Efeito da variação da dieta

3-Efeito da dieta sobre os resultados biométricos das pupas de *Tenebrio molitor* (Coleóptera, Tenebrionidae)

4-Efeito da dieta sobre os resultados biométricos dos escaravelhos de *Tenebrio molitor* (Coleóptera, Tenebrionidae)

1.2.Apresentações

1 – Apresentação do trabalho Estimativa da massa das larvas de *Zophobas morio* (Coleóptera, Tenebrionidae): Efeito da variação da dieta, no Congresso Nacional de Zootecnia – Évora, 2019.

PRÉMIOS



ZOOTEC 2019 PORTUGAL
XXI CONGRESSO DE ZOOTECHNIA

Parabéns Sara Cardoso!

ESTIMATIVA DA MASSA DAS LARVAS DE ZOPHOBAS MORIO (COLEÓPTERA, TENEBRIONIDAE): EFEITO DA VARIAÇÃO DA DIETA

Sara Filipa Silva Cardoso², Teresa Letra Mateus^{2,3}, Júlio César Lopes^{1,2}

¹CISAS - Center for Research and Development in Agrifood Systems and Sustainability, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal.

²Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Refúgios do Lima, Portugal

³EpiUnit, Unidade de Investigação em Epidemiologia, Instituto de Saúde Pública da Universidade do Porto, Porto, Portugal

Este trabalho submetido ao INSECTA'19 ganhou o prémio de melhor trabalho. Assim, temos o gosto de premiar a Sara Cardoso com uma inscrição para o XXI ZOOTEC.

www.zootec.apez.pt | geral@apez.pt | 912 239 527

APEZ

APEZ | Évora | Portugal - 19, 20 e 21 de Setembro de 2019

