

# **Projeto de implementação de uma unidade de produção de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae)**

**Ricardo Miguel Gonçalves Nogueira**

Dissertação para obtenção do grau de mestre em  
**Engenharia Zootécnica – Produção Animal**

Orientadores: Prof<sup>ª</sup>. Doutora Elisabete Figueiredo

Doutor André Garcia

## **Júri:**

Presidente: Doutor André Martinho de Almeida, Professor auxiliar com agregação do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutor Fernando Ribeiro Alves Afonso, Professor auxiliar do(a) Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa;

Doutora Elisabete Tavares Lacerda de Figueiredo Oliveira, Professora auxiliar do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora;

Doutora Teresa de Jesus da Silva Matos Nolasco Crespo, Professora auxiliar do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

## **Agradecimentos**

Quero começar por agradecer aos meus orientadores, a Professora Elisabete Figueiredo e o Dr. André Garcia, por terem aceite este desafio, por toda a ajuda, disponibilidade e conhecimentos transmitidos assim como a confiança e liberdade depositada em mim para a elaboração das componentes práticas. Ao meu coordenador de mestrado e professor André Almeida pelo auxílio prestado em diferentes momentos deste projeto.

Quero agradecer a toda a minha família, em especial aos meus pais, Luísa e José, aos meus avós, Joaquina, Maria e Aníbal e ao meu irmão Eduardo, por estarem sempre presentes e disponíveis, por terem feito de mim a pessoa que sou e por todos os esforços para me proporcionarem uma vida melhor.

Aos meus colegas e amigos por terem feito parte deste meu percurso académico e por me terem proporcionado momentos inesquecíveis.

Por fim agradecer à minha grande amiga Inês pelo percurso que tivemos estes 5 anos, pelo crescimento pessoal proporcionado, por toda a motivação, paciência e ajuda sem a qual não teria sido possível terminar esta dissertação.

## Resumo

O presente trabalho teve como foco projetar e avaliar a viabilidade económica de uma exploração de insetos, com o objetivo de produção de larvas vivas de *Tenebrio molitor*.

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a produção de insetos e de *T. molitor*, em particular, para apurar os parâmetros produtivos e reprodutivos disponíveis na literatura, assim como conhecer todos os procedimentos da cadeia de produção. Os parâmetros em falta (taxas de mortalidade dos diferentes estados de desenvolvimento e curva de postura) foram obtidos através de experimentação a partir de uma unidade piloto existente no Instituto Superior de Agronomia em Lisboa.

Projetou-se uma exploração, a localizar em Barosa, Leiria. Foram descritos detalhadamente o edifício, equipamentos, materiais e organização estrutural a utilizar, assim como o manejo do efetivo e medidas de higiene e sanidade.

Desenvolveu-se um modelo populacional, através do software Stella 8.0, com o intuito de prever o crescimento da população nos diferentes estados do ciclo de vida de *T. molitor*, assim como a melhor estratégia de implementação do efetivo para uma produção contínua.

Por fim, elaborou-se uma análise financeira do projeto, com previsão de receitas e despesas a gerar no futuro, com o propósito de avaliar a sua rentabilidade. Foi, ainda, feita uma análise de sensibilidade para testar a flexibilidade da viabilidade económica da exploração.

Foi possível averiguar que o ritmo de postura dos adultos não é linear, sendo evidenciados dois picos produtivos. As taxas de mortalidade obtidas foram de 44,75% nos ovos, 4,04% nas larvas, 16,25% nas pupas e 15,56% nos adultos. Do ponto de vista financeiro o projeto, num período de avaliação de apenas cinco anos, demonstra rentabilidade somente num cenário de preços constantes e sem quaisquer variações em vendas, custos, etc., pelo que não é um investimento viável e seguro neste período. Contudo, é importante realçar que não se avaliou o potencial do valor do subproduto gerado que influenciará positivamente estes resultados.

Palavras-chave: produção de insetos, taxa de mortalidade, curva de postura, rentabilidade, sustentabilidade

## Abstract

This work aimed at designing and assessing the economic viability of an insect production facility with the purpose of producing alive larvae of *Tenebrio molitor*.

A bibliographical review regarding insect production, and *T. molitor*, in particular, was conducted to estimate the productive and reproductive parameters as well as to recognize all the procedures along the production chain. All missing parameters on the literature (mortality rates of the different developmental stages and oviposition curve) were determined by experimentation using insects from a pilot unit at Instituto Superior de Agronomia in Lisbon.

An insect farm was projected to be located in Barosa, Leiria. The building, equipment and structural organization were explained in detail as well as the management of the insects and the health and hygiene measures adopted.

A model was developed using the software Stella 8.0 to predict population growth in the different developmental stages of *T. molitor* life cycle and the best strategy for a continuous production.

Finally, a financial analysis of the project was made to assess its profitability through the prediction of income and expenses generated in the future. A sensibility analysis was also conducted to test the flexibility of the project economic viability.

It was possible to assess that the oviposition rhythm in the adults was not linear, by observing two distinct production spikes. The mortality rates calculated for every development stage were 44,75% for the eggs, 4,04% for the larvae, 16,25% for the pupae and 15,56% for the adults. From the financial point of view, the project, in a five-year evaluation period, showed rentability only in a scenery where prices are constant and there aren't any fluctuations in terms of sales, costs, etc., leading to the conclusion that the investment isn't viable and safe in this time period. However, it must be taken into consideration that the value generated by the subproducts produced wasn't evaluated and would definitely influence positively these results.

Keywords: insect production, mortality rate, oviposition curve, profitability, sustainability

## Índice

Agradecimentos .....	ii
Resumo .....	iii
Abstract .....	iv
Índice .....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de quadros .....	viii
Lista de abreviaturas.....	ix
1. Introdução e objetivos do projeto .....	1
2. Revisão bibliográfica .....	3
2.1. Produção e consumo de insetos no mundo .....	3
2.2. Produção e consumo de insetos na Europa.....	4
2.3 Produção industrial de insetos.....	4
2.4. Vantagens económicas e agropecuárias dos insetos.....	5
2.5. Segurança e preocupações alimentares.....	5
2.5.1 Alergias .....	5
2.5.2 Riscos microbiológicos .....	6
2.5.3 Encefalopatias espongiiformes transmissíveis .....	6
2.6 Considerações ambientais .....	7
3. <i>Tenebrio molitor</i> .....	10
3.1. Ciclo de vida .....	10
3.2. Produção de <i>Tenebrio molitor</i> e condições de criação.....	11
3.3. Valor nutricional .....	13
3.4. Alimentação .....	15
3.5. <i>Tenebrio molitor</i> em alimentos para animais.....	16
4. Determinação experimental das taxas de mortalidade e curva de postura.....	19
4.1. Materiais e métodos .....	19
4.1.1. Criação de <i>Tenebrio molitor</i> .....	19
4.1.2. Procedimento Experimental.....	19
4.2. Resultados experimentais e discussão .....	23
5. Memória descritiva do projeto .....	26
5.1. Licenciamento da empresa .....	26
5.2. Localização e terreno .....	26
5.3. Estrutura organizacional da empresa.....	27

5.4. Caracterização das instalações e equipamentos .....	29
5.5. Planeamento da produção .....	32
5.6. Estratégia de mercado .....	38
6. Análise da rentabilidade económica do projeto.....	39
6.1. Plano de investimento.....	39
6.2. Plano de exploração.....	40
6.3. Análise da rentabilidade dos capitais envolvidos .....	42
6.4. Análise de sensibilidade .....	43
7. Considerações Finais .....	44
Referências Bibliográficas.....	45
ANEXOS .....	49

## Índice de figuras

Figura 1 - Economia circular entre produção insetos e agricultura (original do autor).....	5
Figura 2 - Recursos necessários para produzir 1 kg de peso vivo e percentagem do animal considerada comestível (Adaptado de Dobermann et al. (2017)). .....	8
Figura 3 - Produção de GEEs (CO <sub>2</sub> eq) durante a produção de animais pecuários e insetos. (Adaptado de Dobermann et al. (2017)) .....	9
Figura 4 - Ciclo de vida de <i>Tenebrio molitor</i> (original do autor).....	10
Figura 5 - Efeito da densidade larvar (número/dm <sup>3</sup> ): A - no peso vivo (mg) ganho por cada grama de alimento consumido; B - na eficiência (%) de conversão de alimento digerido; C - na eficiência (%) de conversão de alimento ingerido. (Ramos & Rojas,2015)) .....	12
Figura 6 - Unidade Piloto de produção de <i>Tenebrio molitor</i> , situada no ISA (original do autor). .....	19
Figura 7 - Diferenciação sexual das pupas de <i>Tenebrio molitor</i> (original do autor) .....	20
Figura 8 - Pupas de <i>Tenebrio molitor</i> dentro de recipientes na fitoclima (original do autor)..	21
Figura 9 - A - Caixas criadas com as respetivas populações de adultos; B - Ovos depositados no fundo do recipiente (originais do autor). .....	22
Figura 10 - Curva da contagem (quinzenal) dos ovos aderentes aos recipientes em cada população e respetiva média.....	24
Figura 11 - Evolução do número de mortes totais de adultos registadas quinzenalmente ao longo do período experimental de 120 dias. ....	24
Figura 12 - Delimitação da exploração para produção de <i>Tenebrio molitor</i> na Barosa, Leiria .....	27
Figura 13 - Organigrama da Empresa.....	29
Figura 14 - Planta das instalações: OL R- Ovos e larvas para reprodução; RA- Reprodutores adultos; Emb - Embalamento; PC- Peneiração/Crivagem; OL P- Ovos e larvas em produção; Arm.- Armazém; CR - Cais de Receção; IS - Instalações Sanitárias.....	31
Figura 15 - Previsão do desenvolvimento do efetivo segundo o modelo populacional obtido usando o programa de crescimento populacional Stella vs. 8.0.....	34
Figura 16 - Esquema das diferentes etapas da produção .....	36

## Índice de quadros

Quadro 1 - Estimativas das produções anuais de insetos (Tiencheu et al. (2017)).....	3
Quadro 2 - Valor nutricional do <i>Tenebrio molitor</i> em comparação com diferentes peças de diferentes animais de produção. Fonte: <sup>1</sup> Wemans, 2015; <sup>2</sup> Ricardo Jorge 2021 .....	14
Quadro 3 - Composição de aminoácidos em larvas e adultos de <i>Tenebrio molitor</i> (g/ 100g de proteína). (Ravzanaadii et al. (2012)) .....	14
Quadro 4 - Taxa de mortalidade nos diferentes estados de desenvolvimento de <i>Tenebrio molitor</i> .....	25
Quadro 5 – Divisões e atividades da empresa .....	28
Quadro 6 - Infraestruturas e equipamentos da exploração de produção de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> em Barosa .....	32
Quadro 7 - Condições e capacidade produtiva por divisão da exploração.....	33
Quadro 8 - Valores produtivos considerados no modelo populacional obtidos por revisão bibliográfica. ....	33
Quadro 9 - Quadro síntese do investimento .....	40
Quadro 10 - Custos anuais da exploração, em euros.....	41
Quadro 11 - Receitas anuais da exploração, em euros .....	42
Quadro 12 - Resultado dos cash-flows anuais, em euros.....	42
Quadro 13 - Resultados dos indicadores de rentabilidade do projeto a preços constantes ..	43
Quadro 14 - Indicadores obtidos na análise de sensibilidade, segundo variações de 5 e 10% .....	43

## **Lista de abreviaturas**

CN – Cabeças Normais

EET - Encefalopatias espongiformes transmissíveis

EFSA – European Food Safety Authority

FAO – Food and Agriculture Organization

GEEs – Gases Efeito de Estufa

IC - Índice de Conversão

IR – Índice de Rentabilidade

ISA – Instituto Superior de Agronomia

MO – Matéria Orgânica

MS - Matéria Seca

NREAP - Novo Regime de Exercício de Atividade Pecuária

PB – Proteína Bruta

PR<sub>Ia</sub> – Período de recuperação do investimento (anos)

TIR – Taxa de interna de rentabilidade

TM – *Tenebrio molitor*

UE – União Europeia

VAL – Valor Acrescentado Líquido

## 1. Introdução e objetivos do projeto

Em 2050 é expectável que a população mundial atinja números superiores a 9000 milhões (Nações Unidas, 2019). Para ser possível alimentar este número de indivíduos, a produção de alimentos tem de ser bastante superior à existente na atualidade. A terra arável é um recurso escasso e a expansão da área disponível para agricultura e pecuária não é uma opção viável ou sustentável. Existem atualmente cerca de 1000 milhões de pessoas em situação de fome (Nações Unidas, 2019). Para satisfazer as necessidades atuais e futuras, é necessário reavaliar o que se consome e como é produzido. É essencial retificar as ineficiências nas cadeias produtivas, reduzir o desperdício alimentar e desenvolver novas formas de produzir alimentos.

Os insetos fazem parte da dieta humana desde sempre. No entanto, existe uma elevada resistência cultural ao seu consumo, nomeadamente nas sociedades ocidentais (Kauppi, 2016). Apesar da maioria dos insetos consumidos serem capturados no seu estado selvagem, recentemente tem-se observado uma grande inovação e expansão no desenvolvimento de sistemas massivos de produção de insetos em alguns países (van Huis, 2016). Alguns insetos oferecem um valor nutritivo elevado (ex. *Tenebrio molitor* L., *Acheta domesticus* (L.) e *Locusta migratoria* L.) e apresentam-se como uma potencial alternativa aos alimentos atualmente utilizados, nomeadamente, como fonte de proteína tanto para a alimentação humana como para a animal. Este sistema de produção apresenta vantagens comparativamente a outros setores de produção de alimentos, uma vez que permite potenciar o aproveitamento de desperdícios de outras indústrias, como por exemplo do sector agrícola, possibilitando a sua valorização em sistemas de produção em economia circular e com baixos custos de *inputs/fatores de produção* e a possibilidade de produção vertical, resultando numa pegada ecológica bastante reduzida em comparação com o atual sector pecuário e agrícola.

Atualmente na Europa, a produção de alimentos proteicos, como é o exemplo da soja, é limitada, o que implica a sua importação, gerando um custo elevado, principalmente para os produtores de animais. Com as recentes alterações legislativas na UE, foi permitido a utilização de sete espécies de insetos para alimentação de animais de produção (Regulamento (UE) n. ° 142/2011) e utilização de insetos inteiros, partes ou sob forma de farinha para alimentação humana (Regulamento (UE) n. ° 2015/2283), abrindo-se portas a novas oportunidades para produção de novos géneros alimentícios. Uma das espécies autorizadas e promissoras é *Tenebrio molitor*, que era então, exclusivamente utilizado na alimentação de animais de companhia, como répteis e aves. Entretanto, foi avaliado também com sucesso a sua utilização como ingrediente em rações para suínos (de Marco et al., 2015)

e aves (Veldkamp & Bosch, 2015). Um impedimento comum na utilização de alimentos alternativos, quando nutricionalmente vantajosos, é a sua inviabilidade económica, muitas vezes provocada por elevados custos de produção, pelo que o planeamento e avaliação desta vertente é imperativa antes da criação de unidades produtivas.

Assim, constitui objetivo deste trabalho o delineamento de uma empresa com intuito de produzir insetos da espécie *T. molitor* e avaliar a sua rentabilidade. De forma a ser possível prever o crescimento de uma produção de *T. molitor*, foram reunidos, através de revisão bibliográfica, os dados produtivos necessários e desenvolvido um modelo populacional. No entanto, devido à falta de estudos que avaliem as taxas de mortalidade nos diferentes estados de desenvolvimento, foi necessário determiná-las através de uma experiência conduzida no Instituto Superior de Agronomia (ISA). A parte experimental teve também o objetivo de verificar o ritmo de postura (existência de picos ou postura com número de ovos mais ou menos constante).

No capítulo seguinte é feita uma abordagem geral ao panorama da produção de insetos no mundo e na Europa e as suas vantagens económicas e ambientais. No capítulo 3 é analisada a espécie *T. molitor*, utilizada no efetivo do presente projeto, em relação à sua biologia, valor nutricional e elaborada uma revisão bibliográfica da sua incorporação em dietas para animais de produção. No capítulo 4 é retratada a experiência elaborada para determinar as taxas de mortalidade e o ritmo de postura dos adultos e os seus resultados. Por fim, no capítulo 5 apresenta-se a memória descritiva do projeto, englobando a estrutura, instalações e equipamentos da exploração, assim como os maneios produtivos e reprodutivos do efetivo. Ainda neste último capítulo, é feita uma previsão da evolução dos efetivos com base num modelo populacional desenvolvido. Esta dissertação é concluída com a análise de rentabilidade do projeto e consequente avaliação da sensibilidade desta análise.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Produção e consumo de insetos no mundo

O consumo de insetos, ou entomofagia, é uma prática tradicional em muitas culturas desde as origens do ser humano (Tiencheu & Womeni, 2017). Existem atualmente cerca de 2 mil milhões de consumidores que ingerem insetos regularmente e são conhecidas mais de 1900 espécies que fazem parte das dietas humanas, sendo os mais comuns pertencentes às ordens Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Orthoptera e Dictyoptera (Tiencheu & Womeni, 2017). A exceção a esta prática alimentar é verificada principalmente nos países ocidentais. Kauppi (2016) menciona que a adesão ao consumo de insetos entrou em declínio com a evolução da agricultura, tendo sido cada vez menos considerados como parte da alimentação diária e passaram a ser, gradualmente, vistos como pragas e, conseqüentemente, a serem vistos como animais que é necessário eliminar.

Para consumo humano a grande maioria dos insetos são capturados no seu estado selvagem, sendo a produção industrial uma prática recente e ainda pouco utilizada (van Huis, 2016). Têm surgido algumas produções industriais no continente asiático com o propósito principal de produzir alimentos para o Homem. Contudo, nos países ocidentais, nomeadamente Estados Unidos, Canadá e países europeus, onde existe uma elevada resistência cultural ao seu consumo, grandes empresas como a Protix, Agriprotein, Beta-Hatch e Ynsect estão focadas maioritariamente em desenvolver alimentos para incorporar nas rações de animais de produção e de companhia, como possível alternativa a ingredientes como soja, milho ou farinha de peixe (Kauppi, 2016). As regiões mundiais com maior produção de insetos (Quadro 1) coincidem com as regiões onde o consumo *per capita* é superior, sendo as que mais se destacam o Sudoeste Asiático e a África Central.

Quadro 1 - Estimativas das produções anuais de insetos (Tiencheu et al. (2017))

Zona	Produção Anual (t)
EUA e Canadá	4500 a 5500
Europa	6000 a 6500
Ásia	26000 a 28000
Médio Oriente + África	19000 a 21000
América Latina	4500 a 6000
Total	60000 a 67000

## **2.2. Produção e consumo de insetos na Europa**

Atualmente, os insetos apresentam-se como uma novidade na Europa, tendo sido legalizadas sete espécies para consumo de animais de produção por parte da UE, em 2021, segundo o Regulamento (UE) n. ° 142/2011. Até então, o mercado europeu autorizava apenas alimentação de animais de companhia que dependem deste tipo de alimentos na Natureza, como répteis, anfíbios e aves. Os insetos têm, entretanto, captado a atenção dos media como uma tendência sustentável e alimento exótico para humanos desde a sua introdução na legislação da EU de novos alimentos (Regulamento (UE) n. ° 2015/2283), emergindo pequenas e médias empresas que apresentam produtos com base em insetos, como são exemplo barras proteicas e produtos derivados de farinha de inseto, como massas ou bolachas.

Apesar de ainda existir uma forte barreira cultural, a entomofagia na Europa está, lentamente, a crescer, principalmente entre as gerações mais jovens devido à consciencialização dos impactos ambientais relativos à produção dos alimentos convencionais e ao facto das pessoas, ao viajarem cada vez mais, conhecerem novas culturas e ganharem mais aptidão para sair da sua zona de conforto e, conseqüentemente, quererem experimentar novos alimentos (Kauppi, 2016). O consumidor europeu apresenta um grande potencial para o mercado desta indústria em parte por possuir um rendimento e poder de compra acima da média comparando com as típicas regiões onde este consumo está normalizado.

## **2.3 Produção industrial de insetos**

Como referido, o consumo de insetos remota às origens do ser humano e a forma mais comum desta prática é através da captura em estado selvagem. Segundo Costa (2017), este tipo de produção conduz à colheita excessiva e extinção de espécies, devendo ser substituída pela produção em massa de insetos, de forma segura e controlada. Para a produção em massa, a indústria deve monitorizar as taxas de mortalidade, índices de conversão, taxas de postura, eclosão, durações de estados de desenvolvimento, percentagem e qualidade proteica, e ter em conta os resultados de programas de seleção para proporcionar uma evolução no sentido de uma produção o mais eficiente e sustentável possível. Deve ainda ser fomentada a incorporação de tecnologias que permitam monitorizar a produção, automatizar e controlar o fornecimento de alimento, colheita de insetos e a remoção de insetos mortos/infetados. A possibilidade de ajustamento de condições ambientais como a temperatura, humidade, ventilação, luz e a composição do alimento fornecido, são mais valias para assegurar o nível de eficiência e a segurança alimentar do produto. Desta forma, será possível obter produtos de qualidade, seguros e produzidos eficientemente, criando uma maior competitividade com as fontes proteicas convencionais.

## 2.4. Vantagens económicas e agropecuárias dos insetos

Além dos insetos serem sugeridos como uma alternativa mais sustentável em comparação com outros alimentos, apresentam grandes vantagens ao longo das cadeias produtivas do setor agrícola. Muitos dos desperdícios e subprodutos gerados na agricultura não têm qualquer valor comercial. Com a produção de insetos cria-se a possibilidade de os usar como *inputs* e, enquanto se produzem novas matérias primas, gera-se matéria orgânica resultante do processo de digestão que pode ser devolvida novamente à cadeia produtiva (setor primário) sob a forma de fertilizante, promovendo assim uma economia circular entre os dois sectores (Figura 1).

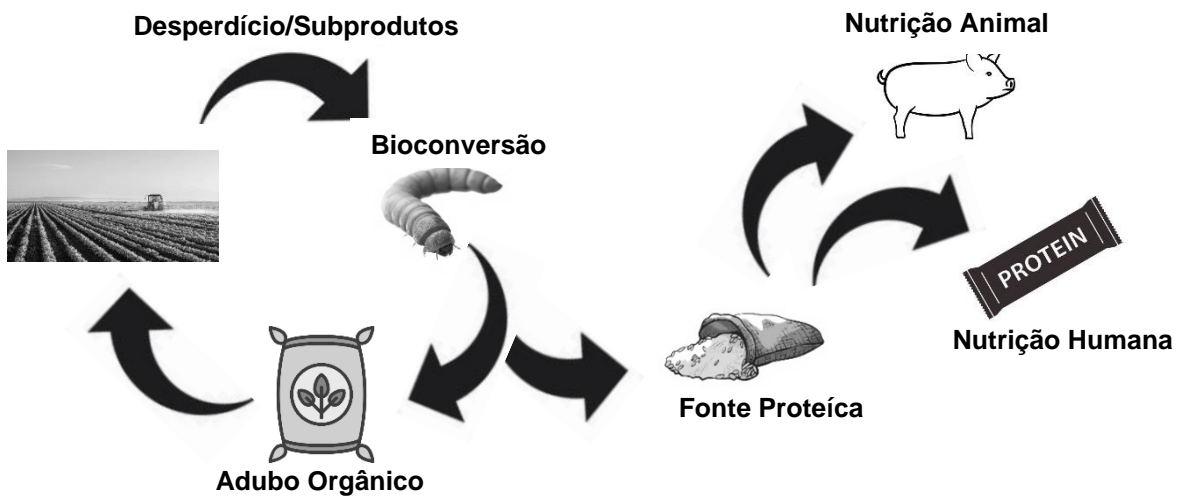


Figura 1 - Economia circular entre produção insetos e agricultura (original do autor).

## 2.5. Segurança e preocupações alimentares

Os benefícios que a indústria potencializa devem ser imperativamente aproveitados de forma consciente, garantindo todos os aspetos de segurança alimentar para o consumidor e de saúde para os seus trabalhadores. É importante que se procure eliminar os riscos associados ao consumo de insetos capturados em estado selvagem (ex. devido à transmissão de doenças), de forma a cimentar que a produção industrial é a forma correta de levar os insetos até ao consumidor, garantindo a criação, armazenamento e distribuição segura dos produtos. Referem-se seguidamente alguns dos riscos mais significativos.

### 2.5.1 Alergias

De acordo com Nunes et al. (2012), uma alergia alimentar é uma reação adversa que ocorre quando o sistema imunitário reconhece erradamente um alimento como uma entidade agressora ao organismo. A fração desse alimento que é responsável pela reação denomina-se por alergénio. Relativamente a alergias provocados por entomofagia, ainda existem poucos estudos disponíveis e, apesar de van Huis et al. (2013) assegurar que a ingestão de insetos não apresenta um risco significativo para a maioria da população, existem casos a ter em

consideração. Por exemplo, existem potenciais riscos de pessoas alérgicas a crustáceos e/ou aracnídeos reagirem adversamente ao consumo de insetos, uma vez que todos pertencem ao filo Arthropoda. Esta hipótese foi levantada por Verhoeckx et al. (2014) através de testes de reatividade cruzada em que verificaram a presença de alergénios iguais ou semelhantes nas diferentes espécies, nomeadamente a quitina presente no tegumento de todos os artrópodes. Belluco et al. (2013) relataram ainda reações de anafilaxia em casos de consumos de alimentos com corante vermelho extraído de cochonilha (*Dactylopius coccus*) e ingestão de pupas e larvas de bicho-da-seda.

### **2.5.2 Riscos microbiológicos**

A nível taxonómico, os insetos e o homem apresentam diferenças que permitem afirmar que os microrganismos presentes na flora intrínseca dos insetos não representarão perigo para o Homem (Costa, 2017). No entanto, os insetos podem ser potenciais vetores de contaminação e é, por isso, importante que sejam mantidos em substratos e condições de criação/produção controladas, nomeadamente temperatura e humidade relativa, de forma a evitar o aparecimento de agentes patogénicos perigosos para a colónia em criação ou para os consumidores destes produtos.

De acordo com um estudo realizado pela EFSA (2015), foram detetadas colónias de bactérias em explorações de tenébrions, no entanto, não foram observadas espécies patogénicas como, por exemplo, *Clostridium perfringens* e/ou *Salmonella* spp. Em comparação com outros animais utilizados para consumo humano, a prevalência de patogénicos foi, neste estudo, inferior nos insetos. Relativamente à presença de fungos, estes podem levar a uma alta mortalidade nas colónias, diretamente ou através da produção de toxinas. É por isso importante e necessária a prática de boas medidas de higiene para evitar perdas e gastos desnecessários e preservar a segurança alimentar até ao consumidor (Canadas, 2021).

### **2.5.3 Encefalopatias espongiformes transmissíveis**

Sendo os insetos um produto de origem animal, uma das grandes preocupações é estarem sujeitos ou tornarem-se potenciais vetores de encefalopatias espongiformes transmissíveis (EET). Por motivos de prevenção, foi definido que os produtos animais provenientes de insetos de criação apenas estão autorizados a serem fornecidos a animais de aquicultura, aves de capoeira e suínos (Regulamento (UE) n. ° 2017/893). A EFSA (2015) estabeleceu ainda que o substrato utilizado para a alimentação dos insetos só pode conter produtos de origem não animal ou os seguintes produtos de origem animal da categoria 3:

- farinha de peixe;
- produtos derivados do sangue de não ruminantes;

- fosfato dicálcico e fosfato tricálcico de origem animal;
- proteínas hidrolisadas provenientes de não ruminantes;
- proteínas hidrolisadas provenientes de couros e peles de ruminantes;
- gelatina e colagénio provenientes de não ruminantes;
- ovos e ovoprodutos;
- leite, produtos à base de leite, produtos derivados do leite e colostro;
- mel;
- gorduras fundidas.

Em adição, segundo o anexo X do Regulamento (UE) n.º 142/2011, de modo a evitar qualquer risco de contaminação cruzada com outras proteínas suscetíveis de constituir risco de EET, as proteínas animais transformadas provenientes de insetos apenas podem ser produzidas em instalações exclusivamente dedicadas à produção de produtos de derivados de insetos de criação.

## **2.6 Considerações ambientais**

Quando o tema da produção alimentar é mencionado, um dos tópicos mais discutidos é a sustentabilidade e os impactos ambientais, particularmente as emissões de dióxido de carbono, e o consumo de recursos, como a terra arável e a água utilizadas para a produção. Tendo em conta que as perspetivas a nível de água potável disponível não são otimistas e que a terra disponível é um recurso finito é importante otimizar estes recursos ao máximo e procurar alternativas à produção animal tradicional e das necessidades nutritivas destes animais.

### **2.6.1 Terra arável**

A terra arável disponível é um assunto que surge nomeadamente na discussão da agricultura sustentável. Sendo a tendência atual dos consumidores, devido à melhoria dos seus rendimentos disponíveis, uma procura mais elevada por carne, levando a uma pressão sob os produtores para aumentar os seus efetivos animais, o que implica um maior uso de terreno/espço e maiores necessidades de alimento que, conseqüentemente, requererá também uma maior área de terra arável disponível. Atualmente, a indústria pecuária utiliza direta ou indiretamente cerca de 70% da área agrícola mundial disponível (Dobermann et al., 2017). Comparando com os típicos animais de produção, os insetos apresentam, para a sua produção, uma necessidade de terra arável muito inferior (Figura 2).

## 2.6.2 Água

Sendo a água um recurso indispensável à vida e escasso em diversos locais do mundo, é necessário ter em consideração a quantidade de água gasta na produção de bens alimentares. Relativamente a outros animais de produção para consumo humano, como bovinos e suínos, a produção de tenébrions é mais eficiente no uso de água, por exemplo, do que a produção de carne daqueles animais, para a mesma quantidade de peso vivo e com maior proporção de parte comestível (Figura 2).

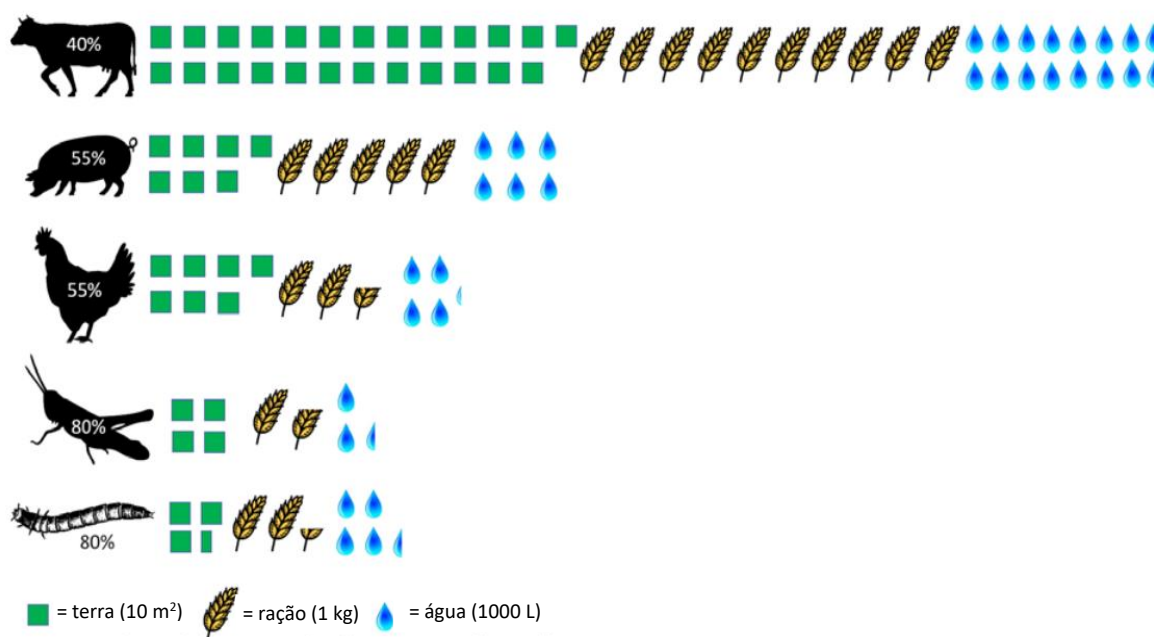


Figura 2 - Recursos necessários para produzir 1 kg de peso vivo e percentagem do animal considerada comestível (Adaptado de Dobermann et al. (2017)).

## 2.6.3 Emissões de dióxido de carbono

O efeito de estufa é um fenómeno natural, através do qual é mantida uma temperatura adequada no planeta para o desenvolvimento da vida. Alguns gases, como é o exemplo do CO<sub>2</sub>, retêm parte da radiação térmica emitida pela superfície terrestre, permitindo assim a manutenção da temperatura ideal. No entanto, com o aumento da emissão dos gases de efeito de estufa, o fenómeno aumenta e, desta forma, há uma maior retenção do calor e consequentemente, provoca o aumento da temperatura do planeta que se denomina por aquecimento global. O aquecimento global leva a fenómenos prejudiciais à vida como, por exemplo, o degelo das massas glaciares e as alterações climáticas ligadas à desertificação de regiões e fenómenos climáticos extremos. Assim, é essencial controlar e reduzir a emissão destes gases.

É possível medir/estimar o potencial para o aquecimento global através do indicador CO<sub>2</sub>-eq (Glossário - Agência Europeia do Ambiente, 2017). Este indicador é frequentemente utilizado para avaliar o impacto ambiental da emissão de vários gases de efeito de estufa no aquecimento global, e é obtido através da conversão da quantidade desses gases em valor equivalente de dióxido de carbono. Este indicador corresponde à soma das emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e NO<sub>2</sub> (Oonincx & de Boer, 2012) e permite comparar as emissões dos principais gases com efeito de estufa em CO<sub>2</sub> proporcionadas pelos diferentes tipos de produção animal. A produção de *T. molitor* emite um valor bastante reduzido de gases quando comparado com a produção de bovinos e suínos (Dobermann et al., 2017) e, desta forma, é possível afirmar que esta produção é mais sustentável, relativamente a este parâmetro (Figura 3).

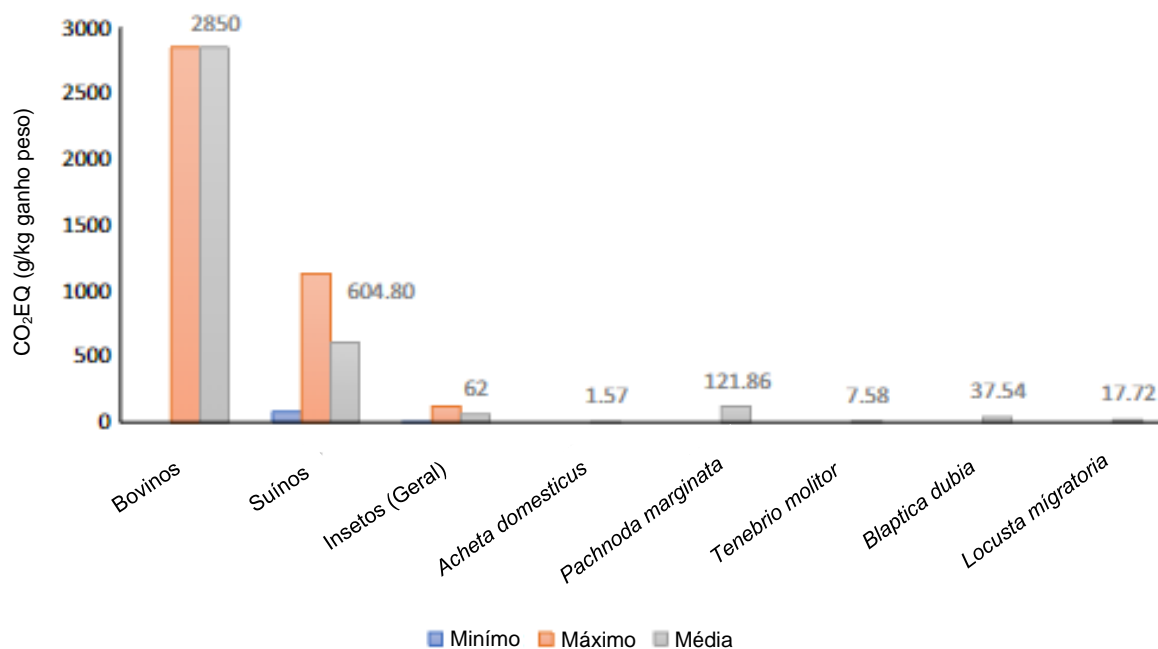


Figura 3 - Produção de GEEs (CO<sub>2</sub>eq) durante a produção de animais pecuários e insetos. (Adaptado de Dobermann et al. (2017))

### 3. *Tenebrio molitor*

A espécie *T. molitor* é uma das espécies de insetos mais consumida no mundo, uma vez que as suas características produtivas e nutritivas têm vindo a demonstrar ser bastante vantajosas, tanto na alimentação, como no reaproveitamento de produtos.

É, desde há muito, referenciada como uma praga sobretudo em alimentos armazenados, tais como cereais, e tem servido de alimentação a alguns animais de companhia (Hill, 2003). Esta espécie de inseto tem sido selecionada para produção industrial devido ao “reduzido” investimento necessário, pela ocupação reduzida de espaço e por não exigir equipamentos especializados. Além destes fatores, o facto desta espécie apresentar uma baixa percentagem de água, favorece a obtenção mais fácil de uma farinha bastante proteica, que pode ser utilizada para substituir a soja na alimentação animal e para substituir outras proteínas de origem animal, na alimentação humana (Junior et al., 2018).

#### 3.1. Ciclo de vida

*Tenebrio molitor*, como todos os insetos, tem crescimento descontínuo porque o seu exosqueleto é rígido. Além disso, é um inseto holometabólico, ou seja, sofre metamorfoses completas e apresenta os estados de ovo, larva, pupa e adulto no seu ciclo de vida (Figura 4).

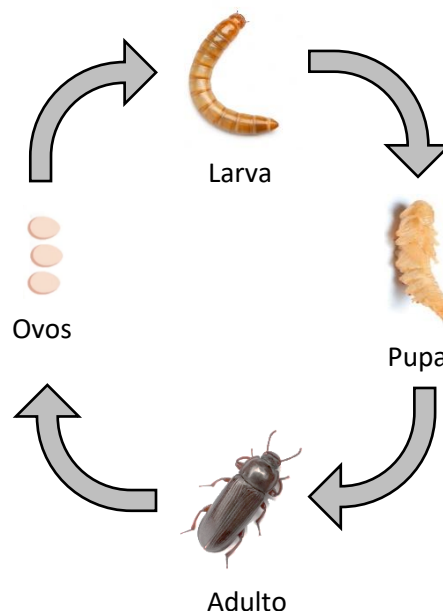


Figura 4 – Ciclo de vida de *Tenebrio molitor* (original do autor).

É importante salientar que a duração de todos os estados é dependente das condições de criação, tais como temperatura, humidade relativa, dieta e a densidade populacional, entre outras. O ciclo de desenvolvimento tem duração variável entre 280 a 630 dias, em função sobretudo da temperatura pois é, como todos os insetos, uma espécie ectotérmica e poiquilotérmica. De acordo com Ghaly & Alkoik (2009), a fêmea de *T. molitor* põe cerca de 400 a 500 ovos, a 25 °C, podendo estes ser postos isoladamente ou em pequenos agregados, diretamente no substrato, no fundo ou nas paredes do local onde se encontram. A eclosão ocorre aproximadamente 10 a 12 dias após a postura, com temperatura entre 18 e 20 °C (Costa et al., 2018). O estado larvar dura, em média, 57 dias em condições controladas de temperatura (25-28 °C) e até 629 dias na natureza (Ribeiro, 2017). Neste estado de desenvolvimento, ocorrem cerca de 20 mudas (Andersen et al., 2017). No final deste estado, a larva adquire a forma de “C” antes de se transformar em pupa. O estado de pupa dura cerca de 7 a 9 dias a 25 °C e 20 dias, ou mais, a temperaturas mais baixas. O adulto é inicialmente mais claro, sofrendo depois esclerotização acentuada e após 3 dias é capaz de iniciar a postura. A longevidade do adulto é de 2 a 3 meses (Ribeiro, 2017).

### **3.2. Produção de *Tenebrio molitor* e condições de criação**

Na criação de *T. molitor*, para um desenvolvimento ideal da população à que atender aos valores mais precisos para as variáveis abióticas (temperatura e humidade relativa), densidade populacional por caixa de criação e quantidade e qualidade de alimento fornecido. Estes fatores também podem ter influência no nível de canibalismo, pelo que deve ser feita, periodicamente, a separação por estado de desenvolvimento.

Dada a problemática do canibalismo observado nesta espécie de coleóptero, é recomendável que os adultos emergidos sejam separados de outros espécimes da mesma coorte que ainda estejam no estado de pupa. É recomendável que os adultos sejam colocados em caixas onde permanecem até morrerem. Por forma a evitar o manuseamento destas caixas com adultos, estas podem ter um fundo de rede, para permitir a separação autónoma dos ovos. No entanto, esta separação pode também ser feita de forma manual com recurso a uma peneira (Costa et al., 2018).

#### **Densidade**

Segundo Frooninckx et al. (2022) a densidade ótima de adultos de tenébrio, à temperatura de 26 °C e 60% HR, por caixa de criação, é de 0,2 adultos/cm<sup>2</sup>, uma vez que esta permite alcançar o rendimento máximo de postura. Este indicador influencia os dados reprodutivos e produtivos destes animais. Densidades superiores podem originar prejuízos, dado que favorecem o canibalismo (Canadas, 2021). Relativamente à densidade larvar, com o seu aumento, ocorre uma diminuição do peso vivo ganho por cada grama de alimento

consumido (Figura 5.A), da eficiência de conversão de alimento digerido (Figura 5.B) e da eficiência de conversão de alimento ingerido (Figura 5.C). Segundo Morales-Ramos & Rojas (2015), a ingestão individual de alimentos reduz-se significativamente com o aumento da densidade larvar. Menores densidades resultam em maiores taxas de crescimento (Figura 5). No entanto, densidades demasiado reduzidas acarretam também prejuízos/custos associados ao uso ineficiente do espaço disponível e ao desperdício alimentar, pois as larvas existentes não conseguem consumir eficientemente o alimento disponível (Deruytter et al., 2022).

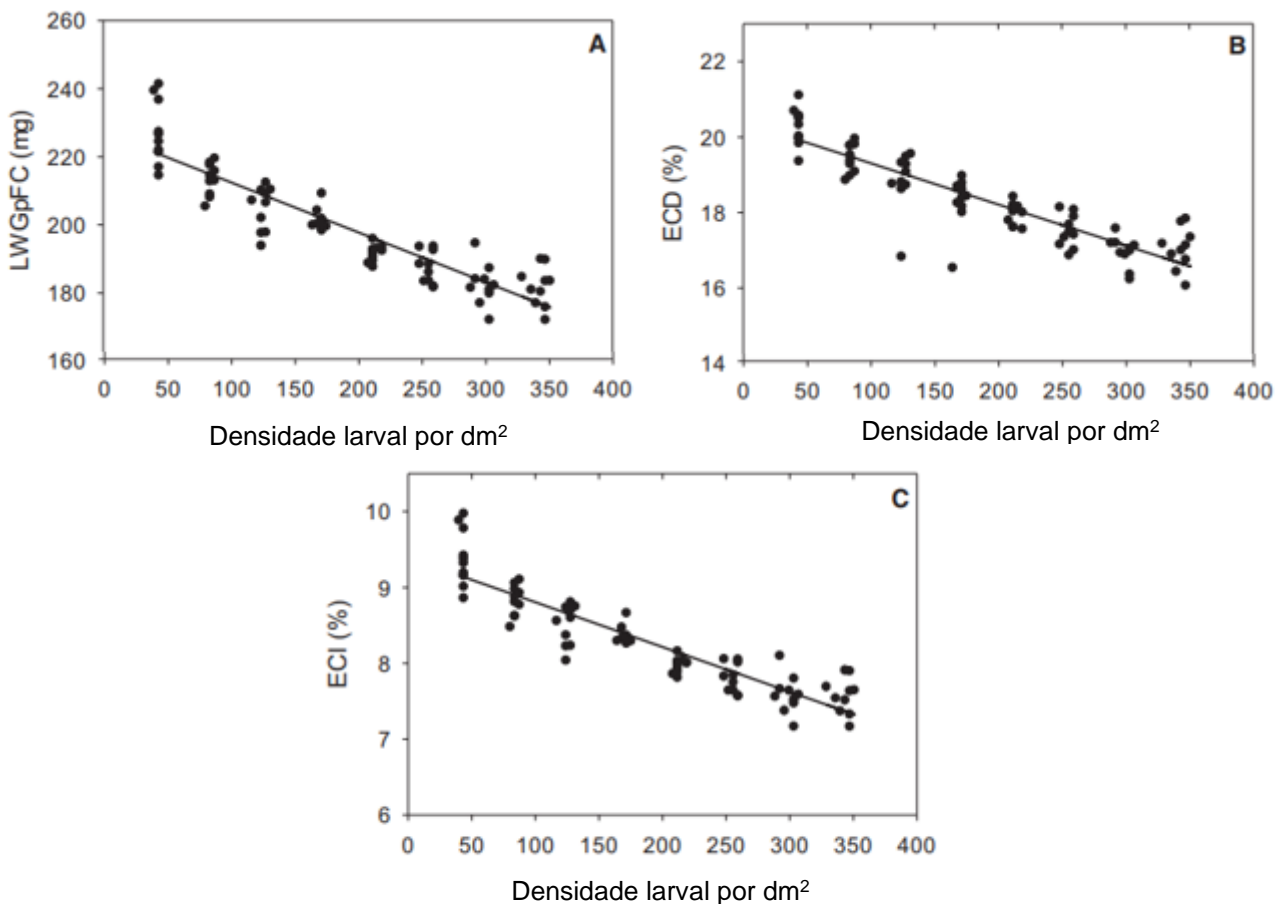


Figura 5 - Efeito da densidade larvar (número/dm<sup>3</sup>): A - no peso vivo (mg) ganho por cada grama de alimento consumido; B - na eficiência (%) de conversão de alimento digerido; C - na eficiência (%) de conversão de alimento ingerido. (Ramos & Rojas,2015))

## Temperatura

A espécie *T. molitor* é capaz de sobreviver num intervalo amplo de temperaturas, porém é habitual proporcionar-se temperaturas que permitam um crescimento mais rápido, ou seja, condições próximas da temperatura ótima de desenvolvimento. A temperatura média ideal numa produção de TM é entre 25 e 28 °C (Punzo & Mutchmor, 1980). A temperatura mínima de crescimento é de 10 °C e a máxima de 35 °C. No entanto, apesar de permitirem a sobrevivência do tenébrio, estes extremos não são viáveis para a produção. A temperaturas inferiores a 17 °C ocorre inibição embrionária e a superiores a 30 °C a taxa de mortalidade aumenta drasticamente (Canadas, 2021). O metabolismo do tenébrio aumenta com a temperatura ambiente em que o animal se encontra, o que significa que irá haver um maior crescimento e uma maior atividade a temperaturas mais elevadas (Andersen et al., 2017), até se atingir a temperatura máxima de desenvolvimento. Temperaturas demasiado elevadas terão consequências na sua sobrevivência, podendo mesmo levar à sua morte. Se submetidos a uma temperatura igual ou superior a 38 °C, durante mais de 24 horas, a mortalidade será de 100% (Bjørge et al., 2018).

## Humidade

A humidade é um fator bastante importante na produção de *T. molitor*. Este fator abiótico afeta em maior escala os ovos e as larvas dos primeiros instares. As larvas maiores têm capacidade de baixar ligeiramente a sua temperatura corporal, evaporando água através do sistema respiratório (Andersen et al., 2017). Teoricamente, o valor ótimo de humidade relativa que permite a maximização da postura pelas fêmeas é entre 90 e 100% (Canadas, 2021). No entanto, estes valores de humidade são também ideais para a proliferação de microrganismos prejudiciais, nocivos ou causadores de doenças, principalmente fungos. Desta forma, é necessário, na prática, saber controlar a humidade ambiente, relacionando-a com a quantidade de alimentos húmidos fornecidos a estes animais (Ribeiro et al., 2018). Posto isto, as condições ideais de humidade relativa situam-se no intervalo entre 50 e 70% (Andersen et al., 2017).

### 3.3. Valor nutricional

*Tenebrio molitor* apresenta alto valor proteico e lipídico. Recentemente, esta espécie tem sido estudada no âmbito de alimentação de animais de produção, como substituto de farinhas de origem vegetal e animal, nomeadamente soja e farinha de peixe, respetivamente. Como podemos observar no Quadro 2, na alimentação humana, o tenébrio revela-se promissor visto ter um valor proteico próximo de outros produtos de origem animal, como carne de vaca, porco e frango e um valor lipídico que, apesar de ser inferior ao salmão, é superior ao das carnes (Wemans, 2015; Costa, 2017).

Quadro 2 - Valor nutricional do *Tenebrio molitor* em comparação com diferentes peças de diferentes animais de produção. Fonte: <sup>1</sup>Wemans, 2015; <sup>2</sup>Ricardo Jorge 2021

	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinza (%)
Larva <i>T. molitor</i> <sup>1</sup>	17,72	7,19	1,74
Lombo da vaca magro cru <sup>2</sup>	21,00	3,30	1,10
Lombo de porco cru <sup>2</sup>	22,20	4,70	1,10
Frango inteiro sem pele cru <sup>2</sup>	22,90	2,00	1,03
Salmão cru <sup>2</sup>	16,20	21,90	1,30

### Composição de aminoácidos

Os aminoácidos são as unidades formadoras das proteínas, sendo compostos por um grupo amina e um grupo carboxilo. Existem 20 aminoácidos que combinados, formam proteínas, no entanto, apenas nove são considerados essenciais para o Homem, ou seja, não são produzidos pelo seu organismo (Lopez & Mohiuddin, 2022). Por esse motivo é necessário fornecê-los através da alimentação. Os aminoácidos essenciais são isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, valina, histidina e triptofano (Lopez & Mohiuddin, 2022). Como referido anteriormente, o TM apresenta uma elevada percentagem de proteína, no entanto, é essencial averiguar a sua qualidade, que depende do seu conteúdo em aminoácidos e da sua digestibilidade (Wemans, 2015).

No Quadro 3 podemos observar a composição de aminoácidos em larvas e adultos de *T. molitor*. Comparativamente com estudos realizados noutros animais de produção, pode observar-se que a espécie em estudo apresenta, de uma forma geral, valores superiores de leucina, cisteína e treonina (Costa, 2017).

Quadro 3 - Composição de aminoácidos em larvas e adultos de *Tenebrio molitor* (g/ 100g de proteína). (Ravzanaadii et al. (2012))

Aminoácidos	Larvas	Adultos
Cisteína (CYS) + Metionina (MET)	1,189	1,134
Fenilalanina (Phe) + Tirosina (Tyr)	5,219	3,173
Histidina (His)	1,527	1,710
Isoleucina (Ile)	3,556	3,918
Leucina (Leu)	3,405	5,165
Lisina (Lys)	2,906	2,227
Treonina (THR)	1,807	2,153
Valina (VAL)	2,439	3,368

## Composição de ácidos gordos

Os ácidos gordos são compostos orgânicos simples, formados por carbono, hidrogénio e oxigénio. Como acontece com os aminoácidos, também existem ácidos gordos essenciais. Alguns ácidos gordos têm funções importantes no nosso organismo. Existem três tipos de ácidos gordos: saturados, monoinsaturados e polinsaturados. É importante avaliar a razão que existe entre eles de forma a perceber a percentagem de ácidos gordos benéficos e prejudiciais para a saúde. Segundo Wemans (2015), os ácidos gordos predominantes nas larvas de *T. molitor* são os monoinsaturados, ou seja, os que apresentam maiores benefícios.

Estudos indicam que *T. molitor* apresenta um valor elevado de ácido oleico (Costa, 2017). O ácido oleico desempenha um papel fundamental na síntese de hormonas, diminuindo também os níveis de colesterol, bem como a pressão sanguínea. Contudo, o valor nutricional dos insetos e de *T. molitor*, em particular, está dependente das condições de criação, nomeadamente da dieta fornecida, sendo que normalmente as larvas apresentam uma percentagem de gordura superior à dos adultos (Wemans, 2015).

### 3.4. Alimentação

O desenvolvimento de dietas capazes de maximizar o desenvolvimento de insetos, mantendo a sua produção eficiente a nível de custo e sustentável a nível ambiental, têm-se revelado como um dos principais desafios na sua produção industrial. No estudo de Rumbos et al. (2020) foram avaliadas 44 dietas, desde rações constituídas por um só ingrediente a dietas com alimentos compostos. Foram avaliadas a mortalidade, o peso e eficiência de conversão alimentar em cada tratamento. As colónias que geraram uma maior produção de biomassa larvar total, com pesos superiores individuais e elevadas taxas de conversão foram as que continham sêmea de trigo ou ração destinada a galinhas poedeiras. No panorama geral, os substratos que continham, na sua maioria, leguminosas geraram as piores *performances* de desenvolvimento. Os autores sugerem ainda que a forma do substrato também influencia a performance tanto produtiva como reprodutiva. Utilizam, como exemplo, o milho painço, que em flocos conduz a uma melhor *performance* reprodutiva nos adultos e, em grão, tem um efeito mais positivo no crescimento larvar, apesar de em flocos e em grão apresentar um perfil nutricional idêntico.

A composição nutricional dos insetos é afetada por vários fatores, contudo a alimentação desempenha um papel fundamental, como foi mencionado atrás. É possível utilizar a dieta como ferramenta na manipulação, até certo limite, seja a longo prazo, com uma dieta definida para ir de encontro à presença de certos nutrientes para usos específicos, seja a curto prazo, através de técnicas como, por exemplo, *gut-loading*, bastante comum na alimentação de animais de companhia. Esta técnica consiste na suplementação de certos

nutrientes num curto intervalo de tempo antes do abate dos insetos aumentando as suas concentrações devido à sua presença no trato intestinal.

### **3.5. *Tenebrio molitor* em alimentos para animais**

O sector pecuário atravessa dificuldades na obtenção de matérias primas, nomeadamente das fontes proteicas para as dietas animais. O alimento mais utilizado é o bagaço de soja que, por sua vez, é produzido em quantidades baixas na Europa e cuja produção é impossível de ir ao encontro das necessidades do mercado europeu. Como tal, grande parte dos produtores vê-se na obrigação de recorrer à importação desta matéria, comumente originária da América do Sul, a preços cada vez mais altos tendo em conta o cenário atual a nível de custos de transporte. *T. molitor* apresenta-se como uma possível solução, por apresentar um elevado valor proteico e lipídico, assim como um perfil de aminoácidos favorável à alimentação de animais de produção. Contudo, é necessário analisar até que nível é possível substituir as fontes proteicas típicas nas dietas sem pôr em causa o crescimento ou bem-estar do animal.

#### **Aves**

de Marco et al. (2015) testaram o valor nutritivo de rações com incorporação de *T. molitor* na alimentação de frangos de engorda, utilizando, como controlo, uma alimentação à base de milho e soja. Foram substituídos 250 g/kg da dieta basal por farinha de tenébrio e compararam os resultados obtidos, demonstrando que não houve alterações a nível de *performance* de crescimento dos *broilers*, pelo que estes insetos podem ser considerados como uma boa fonte de proteína e gordura. Comparando nutricionalmente as duas rações utilizadas, aquela em que se incorporou farinha de tenébrio apresentou teores superiores de proteína bruta.

Na revisão de Veldkamp & Bosch (2015), observaram-se os efeitos da substituição de farinha de soja por farinha de tenébrio, em diferentes percentagens (0%, 5% e 10%) de incorporação na dieta de frangos. Como controlo, manteve-se o teor da proteína vegetal (31%) e não se efetuou a incorporação de farinha de tenébrio. Foi possível verificar que ao fim de 15 dias não ocorreram diferenças no crescimento, validando a farinha de *T. molitor* como viável nutricionalmente. A inclusão de farinha de larva *T. molitor* em 29,5%, substituindo totalmente a soja como fonte proteica, na dieta de frangos para carne não afetou parâmetros como o ganho de peso médio diário e o peso vivo, no entanto, fez diminuir o IC. O rácio de eficiência proteica aparentou aumentar e não houve efeitos no rendimento de carcaça. Contudo, a digestibilidade ileal da MS, MO e PB diminuiu (Hong et al., 2020).

## Suínos

Comparativamente às aves, os suínos são animais que ingerem quantidades de alimento mais elevadas e que apresentam um crescimento mais lento. Por conseguinte, devido ao custo atual de *T. molitor* ainda ser elevado, não existem estudos de avaliação do efeito da incorporação de tenébrio na dieta ao longo de todo o seu desenvolvimento. Existem apenas estudos referentes a fases específicas do crescimento dos suínos.

De acordo com Hong et al. (2020), incorporar nas dietas de suínos 6% de farinha de tenébrio durante 5 semanas no pós desmame, melhora a palatabilidade da dieta, provocando um aumento da ingestão média diária que, como efeito, induz um aumento no ganho médio de peso diário. Do mesmo modo, foi possível denotar um aumento da digestibilidade da PB, MS e cinza, e melhor índice de conversão. Em estudos comparativos com a farinha de peixe na dieta, concluiu-se que é possível uma substituição em 100% sem observar alterações no crescimento de suínos, enquanto que a digestibilidade de aminoácidos como lisina, histidina, arginina e cistina é mais favorável.

## Aquicultura

Com o aumento das restrições a nível de pesca, a indústria da aquicultura tem vindo a aumentar continuamente. Contudo, a sua expansão está dependente da disponibilidade de ingredientes chave, como a soja ou farinha de peixe, cujo aumento de procura, aliada a outros fatores externos, tem feito o seu preço de mercado aumentar significativamente. No caso da alimentação de peixes, *T. molitor* apresenta uma solução para esta crise alimentar, devido ao seu valor nutricional, especificamente, a nível de aminoácidos essenciais e ácidos gordos.

Segundo a revisão de Shafique et al. (2021), vários estudos foram elaborados tendo em conta diversas espécies de peixes, com resultados positivos de substituições de farinha de peixe na ordem dos 25-100%. O nível recomendado de substituição não é consensual, sendo dependente da espécie de peixe e da forma de fornecimento de *T. molitor*, tendo sido comparadas a forma de larva desidratada, desengordurada ou inteira e em farinha. Por exemplo, no caso da truta-arco-íris é possível uma substituição a 100% utilizando larva de *T. molitor* desengordurada sem qualquer efeito no crescimento, componentes nutritivas do peixe ou palatabilidade. Em contraste, no caso do robalo, é recomendada uma substituição de até 25%, já que valores superiores induzem uma redução na ingestão alimentar, peso vivo final e ganho de peso diário.

Conclui-se que na perspetiva da aquicultura, assim que o preço de mercado de *T. molitor* desça para valores economicamente sustentáveis para os aquicultores, apresenta-se, como ótimo nutriente de forma geral, mas devem ser tidas em consideração as proporções

ideais e formas de fornecimento nas dietas, existindo grandes variações destes parâmetros entre as diferentes espécies a que se destinam.

## 4. Determinação experimental das taxas de mortalidade e curva de postura

Como foi referido, de forma a prever o crescimento de uma produção de *T. molitor* através de um modelo populacional, foi necessário determinar dados que não se encontram disponíveis na pesquisa para a revisão bibliográfica, concretamente, as taxas de mortalidade nos diferentes estados de desenvolvimento. Acompanhou-se ainda a postura dos adultos para uma melhor compreensão do seu ritmo produtivo e elaboração de uma curva de postura.

### 4.1. Materiais e métodos

#### 4.1.1. Criação de *Tenebrio molitor*

Para obtenção de espécimes de *T. molitor* para a realização dos ensaios foi mantida numa unidade piloto (numa câmara walk-in (Aralab 4500 FITOCLIMA) sem condições abióticas controladas), uma criação desta espécie proveniente de uma colónia anterior e agora aumentada desde setembro de 2021. Os espécimes de *T. molitor* foram alimentados com sêmea de trigo e cenoura como fonte húmida de alimento (Figura 6).



Figura 6 - Unidade Piloto de produção de *Tenebrio molitor*, situada no ISA (original do autor).

#### 4.1.2. Procedimento Experimental

A experiência foi realizada numa câmara climática (Aralab Fitoclima 750E). Neste equipamento foi possível manter a temperatura constante ao longo de todo o período experimental. Este equipamento não tem capacidade de controlar a humidade relativa do ar, tendo este parâmetro abiótico sido controlado “manualmente” com recurso a um *datalogger*

(EL-USB-2). A variação verificada, através do *datalogger*, indica que a temperatura e a humidade relativa do ar variaram entre  $25,07 \pm 0,44$  °C e  $57,69 \pm 4,65\%$ , respetivamente, situando-se sempre dentro dos intervalos mencionados como bons para o desenvolvimento de *T. molitor*.

### Taxa de mortalidade - Pupas

Para garantir a proximidade de idades dos indivíduos, este trabalho iniciou-se com *T. molitor* no estado de pupa. Neste estado é possível sexar e, portanto, garantir um rácio entre machos e fêmeas virgens. Assim sendo, procedeu-se à sexagem das pupas (Figura 7), com recurso a uma lupa binocular (Nikon SMZ-2B). Foram selecionadas 80 pupas do sexo feminino e 80 do sexo masculino com idades e tamanhos semelhantes. Foi pesado o total de pupas e calculado o peso médio por pupa. Posteriormente, cada pupa foi colocada em recipientes individuais com alimento, de maneira a evitar o canibalismo após emergência (Figura 8).

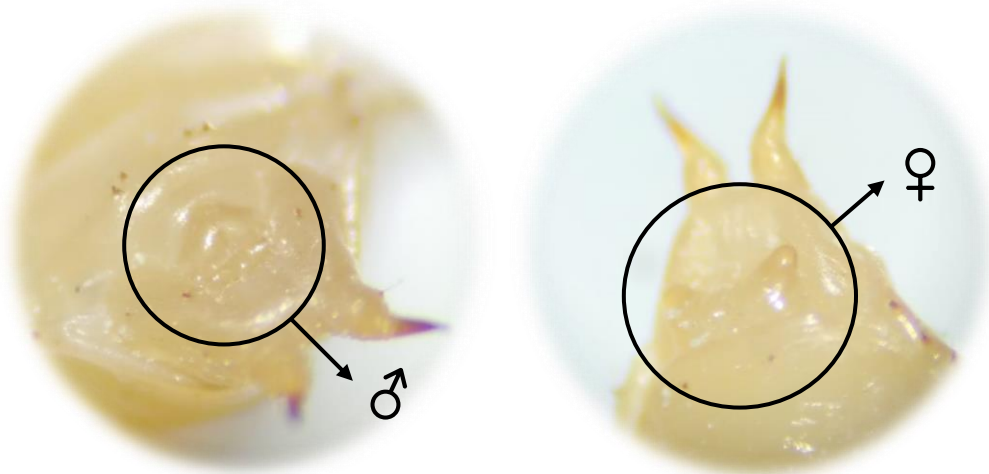


Figura 7 – Diferenciação sexual das pupas de *Tenebrio molitor* (original do autor)

Dez dias após a seleção das pupas, estas foram observadas para registar o número de adultos que emergiram saudáveis ou com deformações e as pupas que morreram no processo. No final, determinou-se a taxa de mortalidade verificada no estado de pupa.



Figura 8 - Pupas de *Tenebrio molitor* dentro de recipientes na fitoclima (original do autor)

### **Taxa de eclosão**

Dos adultos emergidos no ensaio anterior, foram criados 12 novos recipientes de dimensões 17x12x6 cm (C x L x A), devidamente identificados e transferiram-se, para cada um, 10 adultos saudáveis (5 machos e 5 fêmeas, aleatoriamente selecionados e adiante designados por população). As populações de *T. molitor*, foram identificadas como Pop. 1 a 12. Foi fornecido 25 g de sêmea de trigo como substrato para alimentação (Figura 9) e adicionado alimento húmido (cenoura fatiada) que foi renovado três vezes por semana com o objetivo de manter as condições de alimentação *ad libitum*. Após 15 dias, as populações de adultos, o substrato e alimento húmido foram retirados e contabilizados os ovos aderentes ao fundo do recipiente. De seguida, adicionou-se novo alimento na mesma quantidade que anteriormente. Vinte e um dias depois foi efetuada uma crivagem para proceder à separação das larvas pequenas do substrato e à sua contabilização. Considerou-se que a razão entre o n.º de larvas contabilizadas e o n.º de ovos inicialmente registados corresponde à taxa de eclosão. Para a crivagem foi utilizado um sistema de crivagem vertical automático (Retsch A5 200 Basic) a uma amplitude de 60% durante um minuto, com crivos de 2 mm, 1 mm, 825 µm e 450 µm. O substrato foi colocado no crivo de 2 mm e após crivagem todos os crivos foram individualmente observados para verificação da presença de larvas.

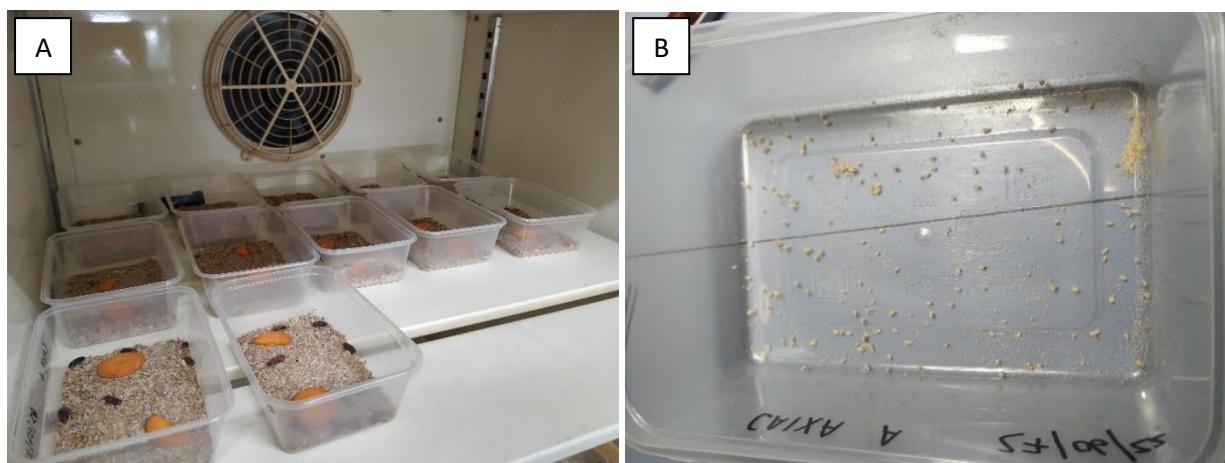


Figura 9 - A - Caixas criadas com as respectivas populações de adultos; B - Ovos depositados no fundo do recipiente (originais do autor).

### **Taxa de mortalidade – Larvas**

Após o registo do número de larvas pequenas, estas foram novamente colocadas juntamente com os conteúdos separados na crivagem nas respectivas caixas e forneceram-se 10 g de substrato adicional. Os recipientes mantiveram-se sob observação durante os seguintes 60 dias. Foi adicionado substrato e renovado o alimento húmido sempre que necessário. No final do período de observação, realizou-se novamente a separação através do sistema de crivagem e foi registado o número de larvas vivas em cada caixa. Foi ainda pesado o total de larvas em cada população permitindo obter um peso médio por larva. A taxa de mortalidade neste estado de desenvolvimento foi determinada pela razão entre a contagem de larvas nesta etapa e a contagem de larvas pequenas feita 60 dias antes.

### **Postura e taxa de mortalidade – Adultos**

Das 12 populações de adultos utilizadas para a determinação da taxa de eclosão, foi dada continuidade a 9 destas (selecionadas aleatoriamente e agora identificadas como Pop. 1 a 9 contabilizando também as respectivas contagens de ovos iniciais de cada) por falta de caixas vazias disponíveis. Este acompanhamento durou 105 dias após a primeira crivagem (120 dias no total). Foram registadas todas as ocorrências a nível de canibalismo ou morte de adultos. A cada quinze dias, cada população foi retirada e o substrato presente nessas caixas foi removido (porque o objetivo principal era determinar parâmetros de mortalidade e ritmo de postura). Decidiu-se apenas contabilizar (subestimando) a postura com base apenas nos ovos que estavam aderentes ao recipiente (Figura 9.B) e não contabilizar os ovos eventualmente presentes no substrato por ser muito difícil a sua separação e para não ter de manter os diferentes substratos separados. Por outro lado, este processo permite aferir, comparando com o nº de ovos/fêmea obtido com o reportado na literatura, qual a proporção de ovos que poderia estar no substrato e, a partir desse valor, verificar a necessidade ou não de, em

produção, conservar esse substrato. A postura média por fêmea é calculada pela razão entre o número total de ovos contabilizados pelo número de fêmeas iniciais. Em cada verificação, após a contagem dos ovos, estes eram sempre eliminados, as caixas limpas e cada população de adultos novamente colocada com novo alimento. Uma vez delineada a evolução do total de ovos em relação ao tempo, foi feita uma análise do período ideal para maximizar a produção e avaliar a taxa de mortalidade nos adultos nesse período.

#### **4.1.3. Análise de dados**

Todos os registos experimentais foram tratados estatisticamente, recorrendo à folha de cálculo Excel e ao programa estatístico R. Foram calculadas as taxas de mortalidade dos diferentes estados de desenvolvimento, avaliada a postura dos adultos e calculado o peso médio por larva e pupa.

#### **4.2. Resultados experimentais e discussão**

Foi possível observar, através da média total e das populações individuais, dois picos de total de ovos por caixa. O primeiro pico verificou-se no período entre 15 e 30 dias após a emergência dos adultos. O outro, bastante superior e de duração mais curta, na maior parte das “populações” estudadas ocorreu na sexta quinzena (Figura 10). Após cada pico de total de ovos por caixa, verificou-se um declínio do número total de ovos colocados sendo o mais acentuado após o 2º pico. Nas duas últimas quinzenas deu-se uma descida acentuada, possivelmente justificada pelo aumento de mortes nesse período por se estar a atingir a longevidade dos adultos (Figura 11). Do ponto de vista de eficiência produtiva, pode afirmar-se que a substituição das últimas duas quinzenas por novas “populações” é claramente vantajosa, assumindo-se assim um período total de postura para a produção de 90 dias. Desta forma, a quebra desde o último pico é evitada e mantém-se um fluxo de postura das explorações mais elevado e constante.

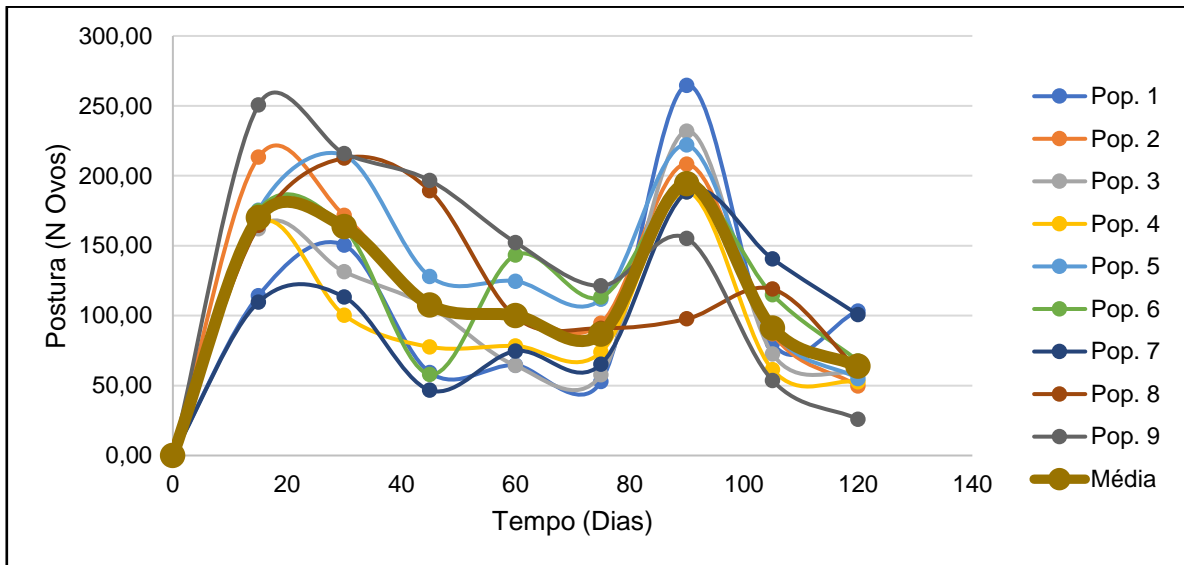


Figura 10 - Curva da contagem (quinzenal) dos ovos aderentes aos recipientes em cada população e respetiva média.

A média de ovos postos por fêmea foi de 195,5 ovos. No entanto, dada a impossibilidade de averiguar o sexo de cada adulto morto devido ao canibalismo das partes reprodutoras, este valor foi calculado considerando o número inicial de fêmeas pelo que tem erro associado. Em comparação com os valores reportados por Ghaly & Alkoik (2009) este resultado é significativamente inferior. Porém, poderá ser explicado pelo facto de não se ter contabilizado os ovos que se perderam com a remoção do substrato antes da contagem e pelo erro associado referido anteriormente.

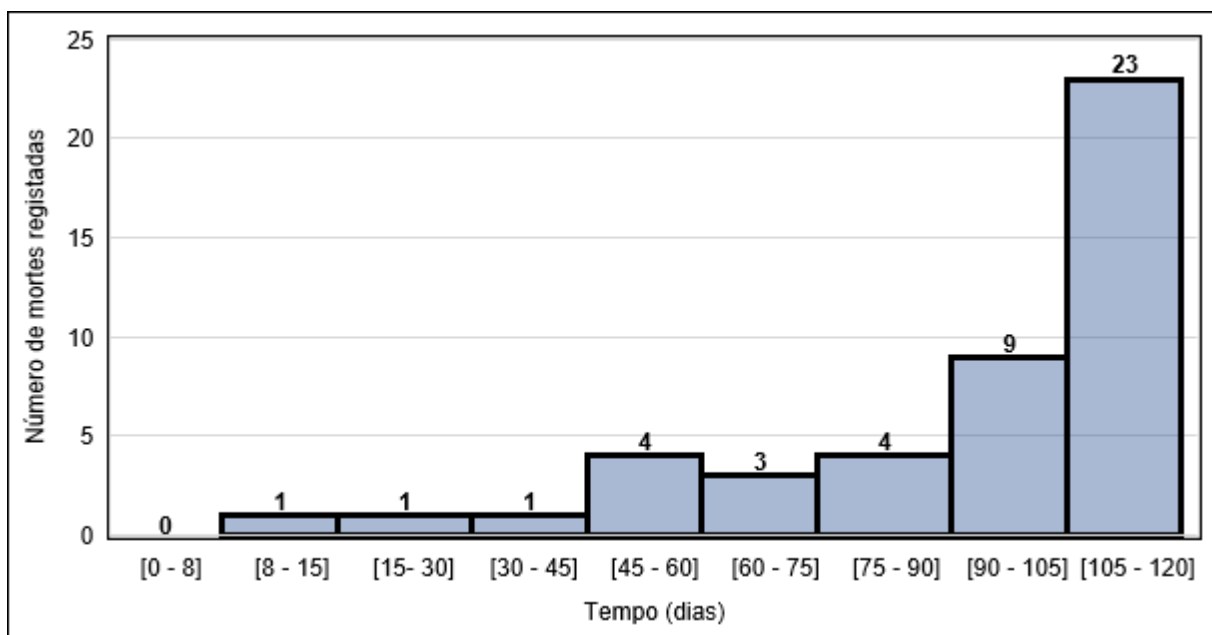


Figura 11 - Evolução do número de mortes totais de adultos registadas quinzenalmente ao longo do período experimental de 120 dias.

Observou-se uma elevada disparidade entre as taxas de mortalidade obtidas para os diferentes estados de desenvolvimento (Quadro 4). A menor taxa de mortalidade foi registada nas larvas (4,04%) contrariamente aos ovos (44,75%). Nos adultos, para avaliar este parâmetro, foi considerado o seu período de vida útil, determinada anteriormente, de 90 dias, referente à otimização da postura face à produção.

Quadro 4 - Taxa de mortalidade nos diferentes estados de desenvolvimento de *Tenebrio molitor*

<b>Estado de Desenvolvimento</b>	<b>Taxa Mortalidade (%)</b>
Ovo	44,75
Larvas	4,04
Pupa	16,25
Adulto <sup>1</sup>	15,56

<sup>1</sup> Apenas considerado o intervalo de tempo com postura rentável mais eficiente, ou seja, o período de vida útil (90 dias)

Os valores médios do peso das pupas e das larvas, foram de 135,00 e 145,19 mg, respetivamente.

## **5. Memória descritiva do projeto**

Neste capítulo será feita a caracterização da exploração assim como o sistema de produção, englobando a mão de obra necessária, o manejo reprodutivo e produtivo, as instalações e equipamentos necessários e a projeção da dimensão da produção, tal como a análise de rentabilidade. Deste modo, é possível ter uma noção geral do funcionamento da exploração e das suas exigências, considerando que, apesar das decisões tomadas serem as mais adequadas, estarão sujeitas a ser ajustadas, na prática, consoante as condições impostas pelo sistema de produção e pelo mercado. A exploração terá como objetivo a venda de larvas de *T. molitor* vivas.

### **5.1. Licenciamento da empresa**

De forma a dar início à empresa, o titular necessita de deter a licença de exploração. Visto a produção de insetos se inserir como atividade pecuária, o processo de licenciamento rege-se pelo novo regime de exercício da atividade pecuária (NREAP), definido pelo Decreto-Lei N°81/2013 de 14 de junho.

Segundo a Nota Interpretativa N°2 2/2013 do Grupo de Trabalho de NREAP, a produção de insetos é declarada como realizada em instalações fechadas e num regime considerado intensivo, sendo proposto a equivalência de 0,2 CN/m<sup>2</sup>, ou seja, 5 m<sup>2</sup>/CN. Por conseguinte, em conjugação com o anexo I e II integrantes do DL N°81/2013 e com a área definida para a produção, a exploração projetada na presente dissertação insere-se na Classe 2, sistema intensivo com número de CN compreendido entre 15 e 260.

Após admissão do pedido de licença de exploração, será realizada uma vistoria às instalações pela entidade competente e emitido um Auto de Vistoria. Posteriormente à validação do auto, é comunicada a decisão final. Em caso de decisão favorável, é emitida a licença de exploração e permitido o início de atividade dentro dos parâmetros estabelecidos.

### **5.2. Localização e terreno**

#### **Localização**

A exploração localiza-se na região Centro de Portugal, no concelho de Leiria, na União de freguesias de Marrazes e Barosa (39,753230; -8,831212). Na Figura 12 está delimitada a exploração, possuindo uma área total de 1107 m<sup>2</sup> (a vermelho), constituída pela infraestrutura delimitada para a produção (a amarelo) com cerca de 391,5 m<sup>2</sup> e por uma moradia habitacional com 155 m<sup>2</sup>. É importante considerar a potencialidade e possibilidade de expansão das instalações. Trata-se de um concelho com bastante área agrícola e pecuária,

indo de acordo com alguns fatores críticos vantajosos para a exploração, devido à sua proximidade a agentes do mercado envolvente como centros de distribuição, fornecedores e clientes.

O clima da região é um clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente (Csa) de acordo com a classificação de Koppen (IPMA, 2022). As alterações climáticas não afetam diretamente a produção uma vez que esta é feita sob sistema fechado com controlo das condições edafoclimáticas. No entanto, influencia do ponto de vista de eficiência energética e, conseqüentemente, os custos associados ao controlo dessas mesmas condições.



Figura 12 - Delimitação da exploração para produção de *Tenebrio molitor* na Barosa, Leiria

Fonte: Adaptado de Google Maps

### 5.3. Estrutura organizacional da empresa

A empresa consiste numa exploração familiar, com ordem de trabalhos dependente de mão de obra considerável e um número reduzido de funcionários (4) que, por conseguinte, elaboram uma diversidade de tarefas ao longo de toda a cadeia produtiva. No Quadro 5 estão apresentadas as atividades e subsequente divisão em categorias que envolvem a exploração e na figura 13 estão descritas que funcionários irão exercitar essas mesmas atividades.

A **Logística** engloba todas as atividades de receção, listagem e armazenamento e gestão de stocks de matérias primas ou secundárias inerentes à produção, processamento dos produtos, desde alimentos a embalagens. É ainda responsável pelo processamento de encomendas e posterior planeamento e calendarização dos envios.

A **Produção** é composta por todo o processo reprodutivo e produtivo de *T. molitor*, começando na definição das colónias de reprodutores, à sua manutenção, alimentação e separação periódica dos ovos e dejetos. Inclui também a parte produtiva de larvas em moldes semelhantes aos reprodutores. Em adição, envolve a criação e manutenção de unidades pilotos com objetivo de avaliar condições experimentais, com o intuito de encontrar inovações benéficas à produção.

Quadro 5 – Divisões e atividades da empresa

<b>Divisão</b>	<b>Subdivisão</b>	<b>Atividades</b>
Logística	Entrada	Receção Matérias Primas
		Gestão de stock (Alimento, Embalagens, etc.)
	Saída	Gestão de stock (Produtos Finais)
		Processamento de Encomendas
Produção		Gestão de Distribuição
		Maneio Reprodutivo
		Maneio Produtivo
Operações		Maneio Unidade Piloto
		Embalamento
		Armazenamento
Manutenção		Gestão de Qualidade
		Manutenção de Equipamentos
Marketing e vendas		Limpezas
		Publicidade
Serviços		Angariação de Clientes
		Assistência ao Cliente (Pré e Pós-Venda)

As **Operações** correspondem a todos os processos desde a receção das matérias produzidas, onde é feito um controlo de qualidade inicial, seguido do embalamento, posterior listagem e armazenamento, e gestão de qualidade dos produtos finais.

A **Manutenção** requer a verificação periódica e devida limpeza e tratamento de todos os equipamentos presentes na exploração. É também responsável por efetuar vazios sanitários quando necessários de forma a manter o espaço com as melhores condições de higiene e sanidade possíveis.

A atividade de **Marketing e vendas** consiste no desenvolvimento constante da imagem da marca, assim como a divulgação dos produtos e definição de estratégias para aquisição de novos clientes ou parceiros de venda dos bens produzidos.

Concluindo, os **Serviços** garantem um acompanhamento ao cliente sempre que necessário no ato de pré e pós compra. Procuram ainda averiguar o grau de satisfação dos clientes através do seu *feedback* e, por consequência, encontrar medidas de melhoramento.

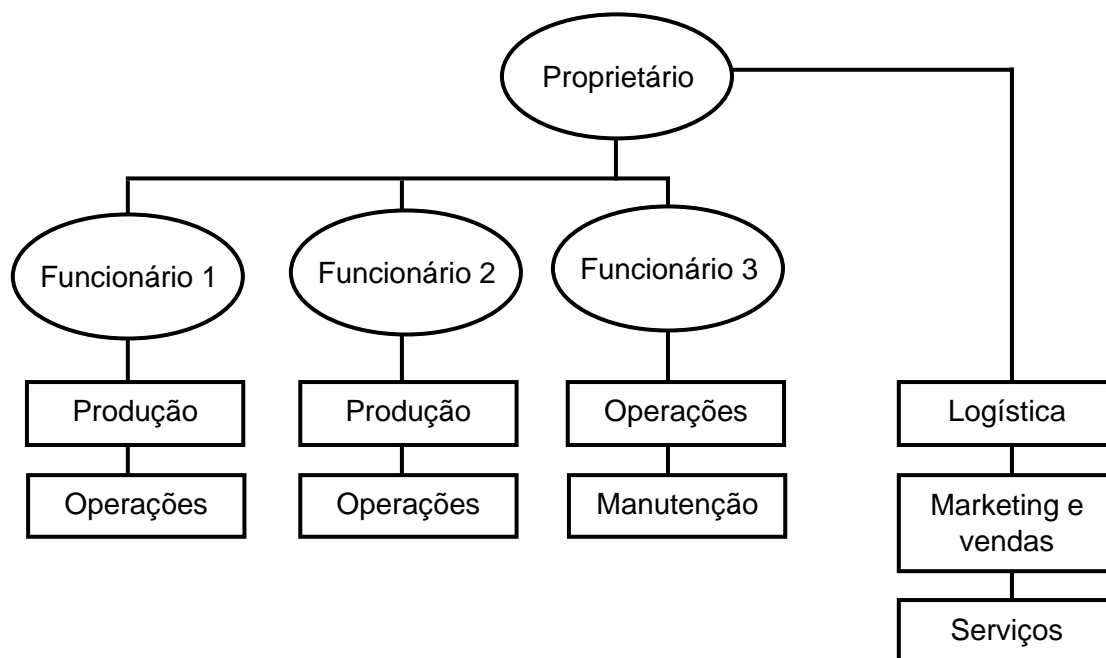


Figura 13 - Organograma da Empresa

#### 5.4. Caracterização das instalações e equipamentos

A exploração irá ser composta por um edifício com uma área total de 391,5 m<sup>2</sup>. O edifício é composto por sete divisões (Figura 13). A zona de criação dos insetos será dividida por quatro divisões em função de cada estado de desenvolvimento do inseto e objetivo produtivo, sendo uma para reprodutores adultos, uma para ovos e larvas para reprodução, uma para ovos e larvas para produção. Uma das restantes salas será destinada aos processos de embalagem; uma outra área será destinada à crivagem e higienização de materiais. Haverá ainda um cais de receção; um armazém e, por fim, vestuários e instalações sanitárias.

O edifício é fechado com sistema de ventilação que engloba todas as divisórias. A área de crivagem irá conter um sistema de filtragem incorporado no sistema de ventilação, para evitar a insalubridade do ar das restantes divisões e do exterior com as poeiras geradas e, juntamente com a sala de embalamento e cais de receção, serão as únicas salas com iluminação natural para além de artificial. As salas destinadas a alojamento de insetos estarão sujeitas a controlo de humidade e temperatura, de modo a que cada estado de desenvolvimento esteja sob as condições ideais de crescimento ou reprodução.

De forma a facilitar os vazios sanitários e a manter a higienização e sanidade constante na exploração está presente um sistema de drenagem com pontos de escoamento em todas as divisões.

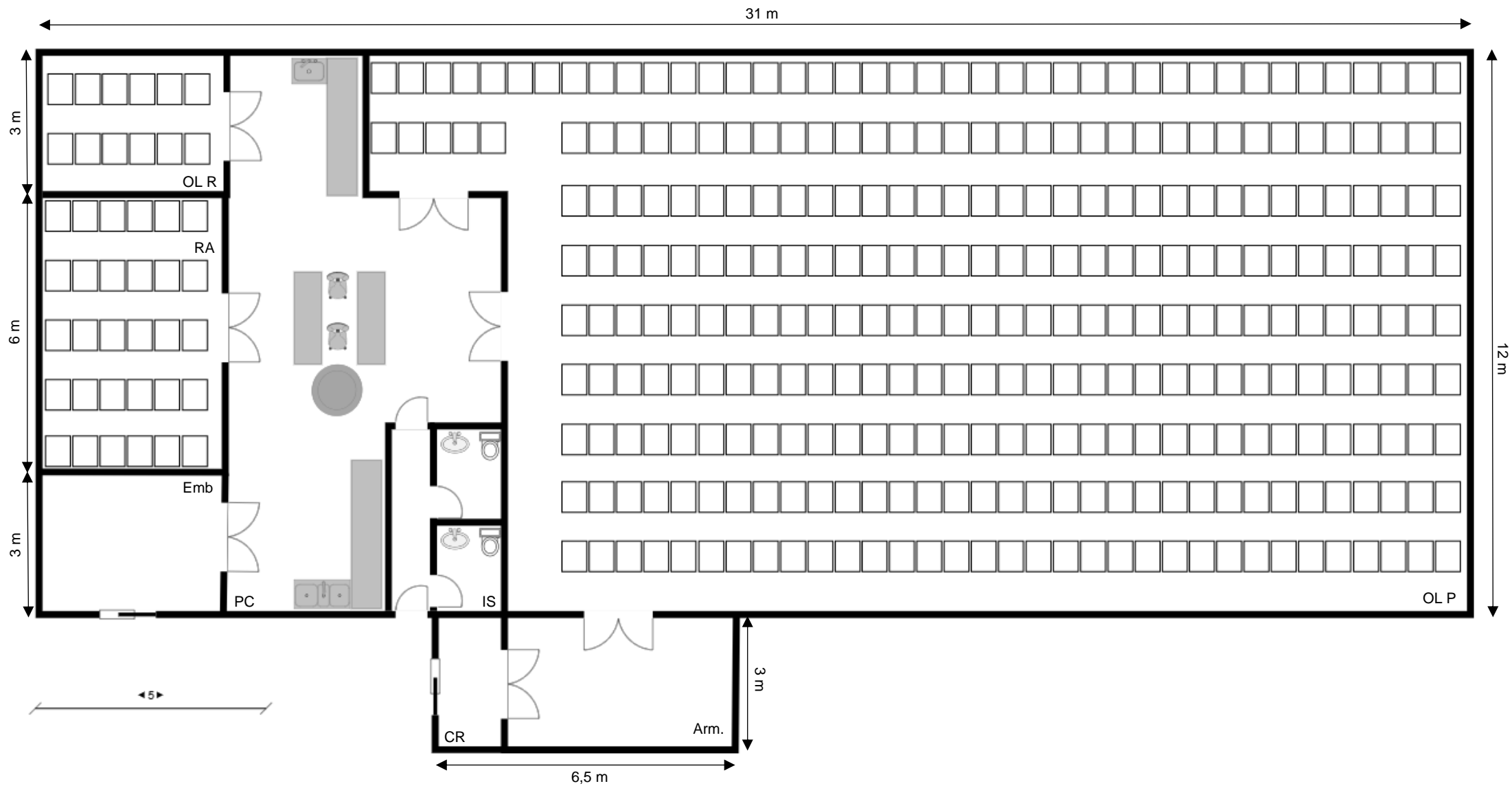


Figura 14 - Planta das instalações: OL R- Ovos e larvas para reprodução; RA- Reprodutores adultos; Emb- Embalamento; PC- Peneiração/Crivagem; OL P- Ovos e larvas em produção; Arm.- Armazém; CR- Cais de Recepção; IS- Instalações Sanitárias

No Quadro 6 estão especificados os diferentes equipamentos e infraestruturas necessários para o início de atividade. Para evitar uma lista demasiado extensa são apenas referidos os equipamentos de maior valor e importância para a produção.

Quadro 6 - Infraestruturas e equipamentos da exploração de produção de larvas de *Tenebrio molitor* em Barosa

<b>Categoria</b>	<b>Designação</b>	<b>Modelo</b>	<b>Marca/Vendedor</b>	
<b>Infraestruturas</b>	Sistema AVAC	-	CLIMACOM	
	Carrinho p/ caixas	CTX	REA	
	Caixas	Euronorm E1	REA	
	Peneira Vibratória Vertical	XSM-80-4	MINIPRESS.RU	
	Balança 1 kg	-	SCALES4U	
	Balança 5 kg	-	SCALES4U	
	<b>Equipamentos</b>	Balança 50 kg	-	SCALES4U
		Balança de chão 500 kg	MKCIND1	SCALES4U
		Arca frigorífica	KF1515E	ggmgastro
		Câmara de Vigilância	Unifi Protect G4	Ubiquiti
Porta Paletes		HWM2000	SolidHub	
	Rotuladora	ZD421d	Zebra	
<b>Veículo</b>	Ligeiro comercial	Partner	Peugeot	

### 5.5. Planeamento da produção

A capacidade produtiva de cada secção foi calculada através da densidade a utilizar, área das caixas e número máximo de caixas possíveis em cada divisão (Quadro 7). Visto que o espaço é o fator limitante da exploração em termos produtivos, o planeamento e simulação da produção, através dos modelos criados, tiveram em consideração estas limitações para impedir a sobreprodução de larvas e definir corretamente as taxas de renovação de efetivo.

Quadro 7 - Condições e capacidade produtiva por divisão da exploração

Divisão	Densidade por caixa (N/cm <sup>2</sup> )	Área da caixa (m <sup>2</sup> )	Nº Carrinhos	Nº Caixas	Capacidade produtiva (Nº Indivíduos)
(RA) Reprodutores Adultos	0,2	0,24	36	288	138240
(OL R) Ovos e larvas para Reprodução	1,4		18	144	483840
(OL P) Ovos e larvas para Produção			975	7800	26208000

O modelo populacional foi desenvolvido no software para modelação de sistemas Stella vs. 8.0 (ISEE Systems, Lebanon, New Hampshire, EUA; <https://iseesystems.com/store/products/stella-online.aspx>) (Anexo I a III). Teve-se em consideração as taxas de mortalidade obtidas na experiência elaborada (Quadro 4) e a duração dos estados de desenvolvimento utilizados na mesma. Os restantes dados produtivos foram retirados da revisão bibliográfica (Quadro 8). É importante notar que por limitações do software Stela 8.0, não foi possível incorporar o comportamento da postura ao longo do tempo, pelo que foi utilizada uma média diária de postura calculada através da duração utilizada na exploração deste estado de desenvolvimento e da postura total por fêmea no dia final desse período. Devido aos métodos utilizados, que resultaram na diferença elevada entre a postura total por fêmea obtida na experiência e a relatada na revisão bibliográfica, optou-se pela última uma vez que no manuseio produtivo da exploração não irá ser descartado o substrato das caixas.

Quadro 8 - Valores produtivos considerados no modelo populacional obtidos por revisão bibliográfica.

Estado de desenvolvimento	Postura total (Nº ovos / fêmea adulta)	Peso corporal (mg)	Duração estado (dias)	Densidade (Nº/cm <sup>2</sup> )	Ingestão total (mg)
Ovos			8		
Larvas			70	1,4 <sup>1</sup>	601,3 <sup>2</sup>
Pupa			10		
Adultos	450 <sup>3</sup>	145,19	90	0,2 <sup>4</sup>	

Fontes: <sup>1</sup> Ribeiro (2017) ; <sup>2</sup> Morales-Ramos & Rojas (2015); <sup>3</sup> Ghaly & Alkokaik (2009); <sup>4</sup> Frooninckx et al. (2022).

Uma vez que o TM é comercializado sob a forma larvar, é assumido nesta dissertação que o efetivo inicial adquirido são larvas em final de estado de desenvolvimento. Assim, o modelo dá início com a entrada de todos os exemplares adquiridos na pupação, daí só surgirem adultos no efetivo a partir do dia 10 e consecutivamente os restantes estados de desenvolvimento de acordo com as suas durações e postura dos ovos. Visto que as primeiras larvas procriadas na exploração só irão atingir o fim do seu desenvolvimento ao dia 98 (10+8+70), é importante que até esse ponto se faça uma introdução desfasada do efetivo de forma eficiente para obter um efetivo reprodutor com idades diferentes e alcançar um equilíbrio reprodutivo constante e o maior possível. Para tal, foi feita uma análise de sensibilidade através do modelo criado. Averiguou-se que uma estratégia eficiente é a implementação inicial de 25725 larvas (~3,74 kg) a cada 15 dias desde o dia 0 até ao dia 90 inclusive. Após este ponto a taxa de renovação do efetivo através das larvas procriadas deve ser de 30975 larvas eclodidas a cada 15 dias para manter a população de adultos constante. Desta forma obtemos um equilíbrio (Figura 14) a partir do dia 186, onde a qualquer momento existirá na exploração um total de 138240 adultos, 4447008 ovos, 141672 larvas em crescimento para reprodução e 26058213 larvas em crescimento para produção o que resulta numa produção diária de 53 kg larvas por dia.

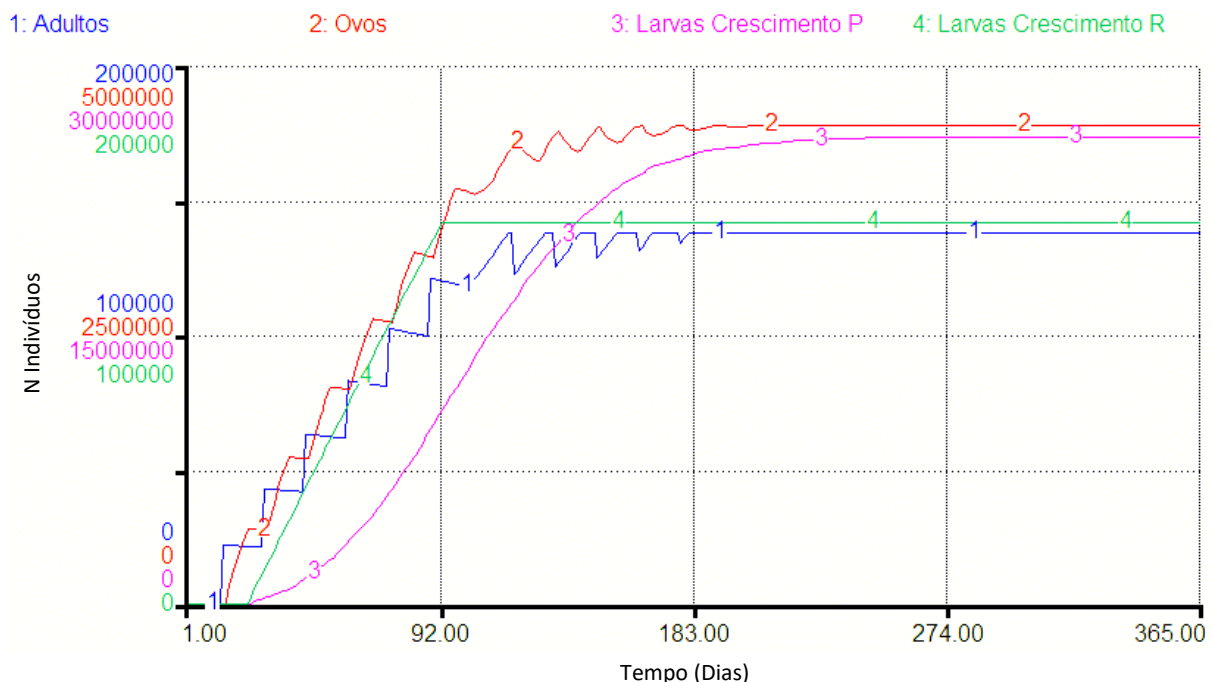


Figura 15 - Previsão do desenvolvimento do efetivo segundo o modelo populacional obtido usando o programa de crescimento populacional Stella vs. 8.0

### **5.5.1. Maneio produtivo e alimentar**

A produção inicia-se com a receção e armazenamento das matérias primas alimentares e materiais inerentes à produção e prossegue segundo o esquema simplificado na Figura 15. Cada recipiente está acompanhado de rótulo, onde todas as ações de manuseamento e passagens de estado de desenvolvimento são devidamente identificadas (Descrição e data) para completo rastreamento do processo produtivo.

A nível alimentar, o substrato a utilizar é sêmea de trigo. Nos adultos é fornecido uma vez em cada caixa, enquanto que no estado larvar é fornecido periodicamente e em quantidades crescentes de acordo com a instar de desenvolvimento em que se encontram. O alimento húmido utilizado é cenoura e será renovado uma vez por semana em ambos os estados referidos. Nas larvas a quantidade fornecida aumenta seguindo a mesma tendência que o substrato. Assim que as larvas atinjam a idade pretendida (70 dias), seguem para o embalamento. Serão adotados 4 tipos de embalagem, de 250 g, 500 g, 1 kg e 5 kg, e é adicionado alimento suficiente para o tempo de entrega esperado (2-3 dias).

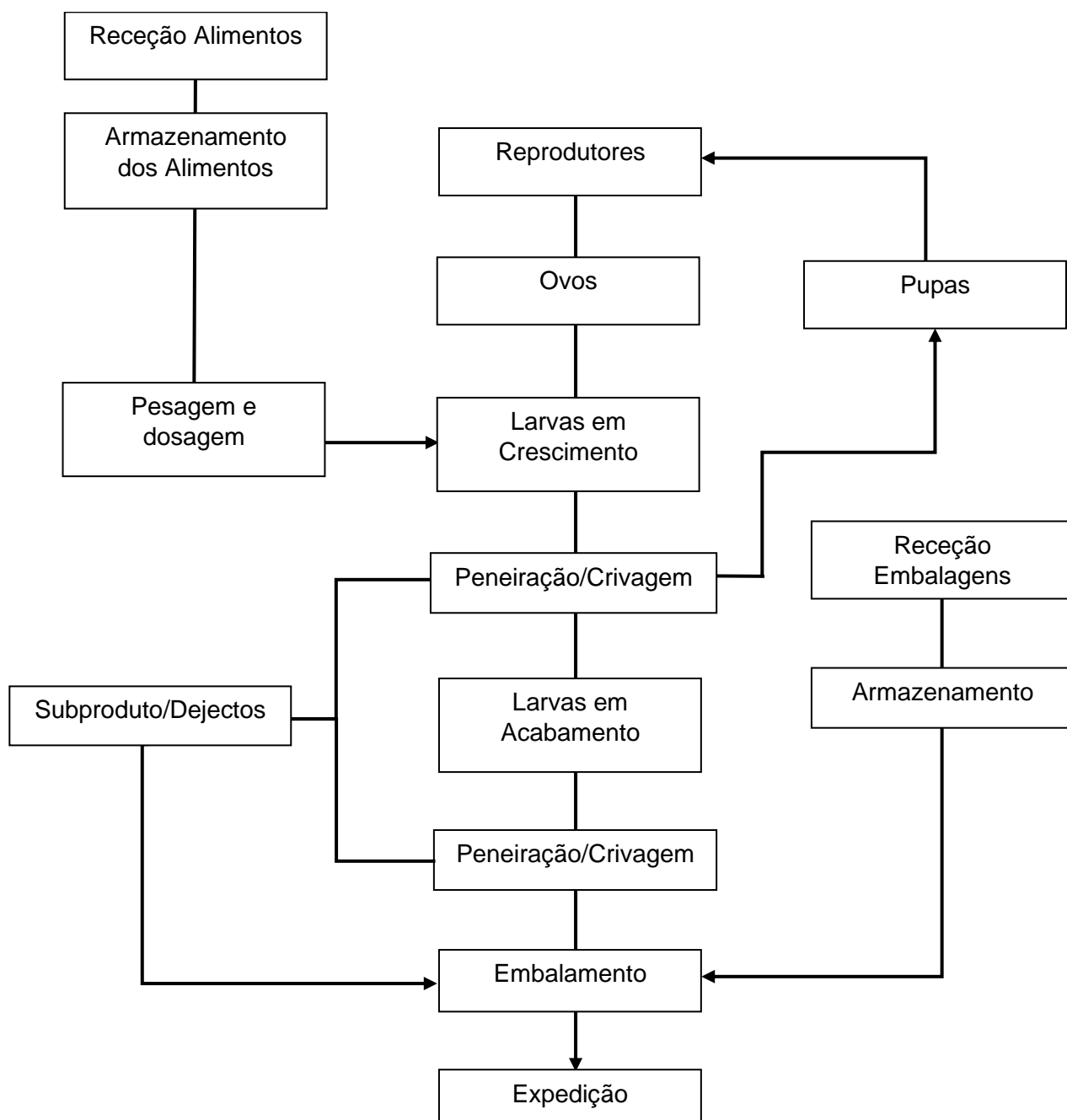


Figura 16 - Esquema das diferentes etapas da produção

### 5.5.2. Maneio reprodutivo

A reprodução é dos aspetos mais relevantes na atividade económica da exploração. Influencia de forma significativa a eficiência da exploração, uma vez que a produção larvar e, conseqüente obtenção de lucro, está dependente de bons índices reprodutivos, como a taxa de postura e taxa de eclosão. Nas caixas com ovos que tenham sido seleccionadas para serem introduzidas no efetivo reprodutor, após eclosão, o crescimento larvar é levado até ao fim, deixando-se ocorrer a pupação. A cada crivagem, as pupas existentes são agrupadas por

idades semelhantes e repartidas por caixas com objetivo de se tornarem reprodutores da exploração. Para manter a densidade ótima de adultos por caixa, esta é definida por peso por m<sup>2</sup> com base no peso médio por pupa ao invés da contagem de indivíduos, tendo em conta que se está a manusear um elevado número populacional. Desta forma, evitam-se processos demasiado prolongados para a reduzida mão de obra disponível.

Dezoito dias após a colocação das pupas em cada recipiente composto, a população, agora de adultos, é transferida para uma caixa limpa com novo substrato. Este processo repete-se periodicamente, a cada quinze dias até à fase final de vida produtiva dos adultos (90 dias).

### **5.5.3. Maneio sanitário**

Garantir um bom maneio sanitário em qualquer exploração animal é imprescindível para que os animais tenham boas condições de higiene, se salvguarde a segurança alimentar e se evite perdas produtivas desnecessárias. Todos os trabalhadores devem estar equipados com farda de trabalho e, no posto de crivagem, com os respetivos acessórios de segurança (máscara e óculos de proteção). Devem ser ainda asseguradas as seguintes medidas:

#### **Higiene das instalações**

É efetuada a limpeza: três vezes por semana da zona de crivagem; semanalmente nas restantes divisões. O sistema de peneiração, balanças e equipamentos utilizados regularmente devem ser higienizados diariamente. Cada caixa deve ser desinfetada e higienizada após o seu esvaziamento.

#### **Saúde dos animais**

Deve ser efetuado o rastreio constante de sinais de pragas ou doenças, como fungos, insetos predadores ou parasitas (ácaros), elevada taxa de mortalidade por contaminação microbiológica (larvas rígidas e de cor preta), etc. Em caso de identificação, proceder à eliminação das populações contaminadas para não colocar a restante produção em risco.

#### **Situações de emergência**

A exploração terá duas saídas para o exterior, todas com mecanismo de emergência para abertura pelo lado interior sempre que necessário.

## **5.6. Estratégia de mercado**

Atualmente em Portugal, o mercado de produtos de insetos está apenas bem definido na vertente de produtos para a alimentação de animais de companhia. Nos últimos anos tem surgido um mercado de produtos alimentares para o Homem, no entanto, ainda de dimensão pequena e com poucos produtores a arriscar nesta finalidade de produção, uma vez que, além da barreira cultural ao seu consumo ser notória, o preço dos produtos convencionais concorrentes é substancialmente inferior.

Posto isto, o trabalho inicial da empresa é criar rentabilidade no mercado da alimentação de animais de companhia enquanto são feitos trabalhos de melhoramento e otimização do efetivo. O objetivo passa por atingir custos produtivos inferiores, e assim que comece a surgir procura e estabelecimento de um mercado de produtos para alimentação de animais de produção enveredar o mais cedo possível nesse caminho.

Para escoar a produção irá apostar-se na venda online dos produtos. É importante angariar lojas e reprodutores de animais de companhia como clientes, visto serem os maiores consumidores. Uma tendência crescente é a aplicação destes produtos na restauração, logo deve ser feita uma procura por clientes nesta área também. Irá recorrer-se à contratação de uma empresa de distribuição para a entrega dos produtos, estando a empresa contratada responsabilizada pela recolha e entrega das encomendas.

## **6. Análise da rentabilidade económica do projeto**

Estando delineada a descrição do projeto, é importante fazer a tradução em termos de investimentos, prever as receitas e despesas futuras, de forma a avaliar a rentabilidade económica do mesmo.

No caso da presente dissertação, o objetivo não é fazer uma análise financeira e um estudo de mercado aprofundados, sendo apenas tomadas em conta breves considerações e analisados indicadores que darão a previsão quanto à viabilidade e sensibilidade do projeto. Foram previstas as entradas e saídas (cash-flow) e feito o balanço. Definiram-se ainda os custos iniciais do investimento. Os indicadores utilizados foram o valor líquido atualizado (VLA), o período de recuperação (PR), a taxa interna de rentabilidade (TIR) e o índice de rentabilidade (IR). No caso da impossibilidade de cálculo ou determinação do valor real, os equipamentos ou infraestruturas foram valorizados por estimativa. O ano de implementação será 2023 e admite-se que o projeto terá um período avaliação económica de 5 anos.

### **6.1. Plano de investimento**

O plano de investimento engloba a descrição das despesas iniciais e de ampliação previstas durante a período de avaliação do projeto.

No Quadro 9 está representado o mapa síntese do investimento com todos custos necessários para a implementação e começo do projeto, sendo o montante total, em euros, correspondente ao investimento inicial. Os dados da tabela foram adquiridos através de catálogos, contactos com empresas ou simuladores de orçamento.

Com base nos valores discriminados, é estimado que o investimento inicial necessário para implementação deste projeto seja de 322 565,83 euros.

Quadro 9- Quadro síntese do investimento

<b>Categoria</b>	<b>Designação</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço (€/Unid.)</b>
Alojamento animais	Caixa	8 232	8,39
	Estante/Carrinho	1 029	162,74
Sala de Crivagem	Sistema Crivagem vertical	1	7 680,00
	Balança 1 kg	2	129,90
	Balança 5 kg	2	209,89
	Utensílios e mobílias	-	3 846,00
Embalamento	Balança 1 kg	1	129,90
	Balança 5 kg	1	209,89
	Balança 10 kg	1	319,49
	Rotuladora	1	274,99
	Equipamentos e mobílias	-	945,69
Infraestruturas	Sistema AVAC	1	34 540,00
Armazém	Estantes	3	245,99
	Arca Frigorífica	1	2 435,79
Cais Receção	Balança de solo 500 kg	1	899,99
Efetivo	Larvas (kg)	23,4	280,80
Outros	Material Informático	-	3 970,00
	Porta Paletes	1	499,90
	Câmara de Vigilância	2	274,99
Veículo	Ligeiro comercial	1	21 750

## 6.2. Plano de exploração

O plano de exploração consiste na descrição dos custos e receitas previstos após a realização do investimento e durante o período de avaliação do projeto. Os custos de produção foram divididos em consumos intermédios, aquisição de bens, aquisição de serviços, mão de obra, custos de manutenção e gastos gerais (Quadro 10). No ano inicial os custos e receitas são menores pois os efetivos reprodutivo e produtivo encontram-se em desenvolvimento durante grande parte do ano. Após o ano 0 todos os custos e receitas permanecem constantes.

Relativamente aos consumos intermédios, os valores foram calculados segundo as especificações dos equipamentos e número de horas de trabalho e, no caso do combustível, pelo consumo automóvel e distancia expectável de percorrer em média por mês. A aquisição de bens e de serviços dependentes da produção foi estimada consoante as previsões calculadas pelo modelo populacional e os seus respetivos preços.

Quadro 10 - Custos anuais da exploração, em euros

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>Consumos intermédios</b>						
Eletricidade	10 248,00	10 248,00	10 248,00	10 248,00	10 248,00	10 248,00
Água	6 504,00	6 504,00	6 504,00	6 504,00	6 504,00	6 504,00
Combustível	11 520,00	11 520,00	11 520,00	11 520,00	11 520,00	11 520,00
<b>Aquisição de bens</b>						
Alimentação	32 940,00	45 900,00	45 900,00	45 900,00	45 900,00	45 900,00
Sanidade	2 720,00	2 720,00	2 720,00	2 720,00	2 720,00	2 720,00
Embalagens	28 875,00	40 235,66	40 235,66	40 235,66	40 235,66	40 235,66
<b>Aquisição de serviços</b>						
Contabilidade	3 250,00	3 250,00	3 250,00	3 250,00	3 250,00	3 250,00
Distribuição	18 356,00	25 578,03	25 578,03	25 578,03	25 578,03	25 578,03
Comunicações e internet	1 800,00	1 800,00	1 800,00	1 800,00	1 800,00	1 800,00
Website	1 250,00	1 250,00	1 250,00	1 250,00	1 250,00	1 250,00
<b>Outros</b>						
Gastos Gerais (3%)	9 414,17	6 594,78	6 594,78	6 594,78	6 594,78	6 594,78
<b>Mão de obra</b>						
Salários	63 000,00	63 000,00	63 000,00	63 000,00	63 000,00	63 000,00
<b>Custos de manutenção</b>						
Manutenção de equipamentos	3 320,30	3 320,30	3 320,30	3 320,30	3 320,30	3 320,30
Manutenção de edifícios	4 500,00	4 500,00	4 500,00	4 500,00	4 500,00	4 500,00
<b>Total (€)</b>	<b>197 697,47</b>	<b>226 420,77</b>	<b>226 420,77</b>	<b>226 420,77</b>	<b>226 420,77</b>	<b>226 420,77</b>
<b>Custo Total p/ kg PA</b>	<b>16,64 €</b>	<b>10,68 €</b>	<b>10,68 €</b>	<b>10,68 €</b>	<b>10,68 €</b>	<b>10,68 €</b>

Para definir os preços dos produtos e consequentes receitas, foi feita uma sondagem de mercado para averiguar os preços praticados e definiu-se um preço, competitivo com a concorrência, superior aos custos calculados por kg de produto acabado. Foram sondadas empresas como Vivum, Alimentovivo, Animalmais, etc.. As receitas terão como fonte a venda de larvas sob quatro quantidades diferentes (250 g, 500 g, 1 kg, 5 kg). No final do ano 0 são expectáveis receitas no valor de 181 611,85 euros e nos restantes anos de 295 197,58 euros (Quadro 11).

Quadro 11 - Receitas anuais da exploração, em euros

Produto	Vendas (%)	Preço (€)	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Emb. 250g	45%	4,25	30 301,65	49 253,25	49 253,25	49 253,25	49 253,25	49 253,25
Emb. 500g	30%	7,50	35 649,00	57 945,00	57 945,00	57 945,00	57 945,00	57 945,00
Emb. 1 kg	15%	12,00	28 519,20	46 356,00	46 356,00	46 356,00	46 356,00	46 356,00
Emb. 5 kg	10%	55,00	87 142,00	141 643,33	141 643,33	141 643,33	141 643,33	141 643,33
<b>Total</b>	<b>100%</b>		<b>181 611,85</b>	<b>295 197,58</b>	<b>295 197,58</b>	<b>295 197,58</b>	<b>295 197,58</b>	<b>295 197,58</b>

### 6.3. Análise da rentabilidade dos capitais envolvidos

Uma vez determinados o plano de investimentos e os custos e receitas anuais, foi necessário calcular os cash-flows de cada ano para ser possível averiguar os índices de rentabilidade de forma a avaliar a viabilidade do projeto (Quadro 12).

Quadro 12 - Resultado dos cash-flows anuais, em euros

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash Flow	C. Flow Acum.	T.A.	TIR	VLA	IR	PR <sub>1a</sub>
0	322 565,83 €	181 611,85 €	197 697,47 €	-338 651,45 €	-338 651,45 €	0%	0,51%	5 232,63 €	1,02	4,92
1		295 197,58 €	226 420,77 €	68 776,82 €	-269 874,63 €					
2		295 197,58 €	226 420,77 €	68 776,82 €	-201 097,81 €	3%	-2,41%	-23 673,77 €	0,93	5,34
3		295 197,58 €	226 420,77 €	68 776,82 €	-132 321,00 €					
4		295 197,58 €	226 420,77 €	68 776,82 €	-63 544,18 €	5%	-4,27%	-40 883,83 €	0,88	5,59
5		295 197,58 €	226 420,77 €	68 776,82 €	5 232,63 €					

De realçar que o VAL foi calculado através dos cash-flows a preços constantes atuais e com uma taxa de atualização de 3 e 5% ao longo do período de avaliação do projeto. É efetuado o cálculo da TIR para cada cenário que reflete a taxa de atualização necessária para provocar um VLA nulo. No Quadro 13 estão retratados os resultados para os diferentes indicadores de rentabilidade a preços constantes. O IR calculado permite afirmar que por cada euro que se invista no projeto, haverá um retorno de 1,02 euros. O montante residual dos benefícios líquidos gerados durante o projeto é de 5 232,63 € e o fluxo de benefícios iguala o total do montante investido ao fim de 4,92 anos. Em suma, a preços constantes os indicadores calculados confirmam a rentabilidade do projeto. No entanto, quando consideradas taxas de atualização superiores a 0,51%, como o caso de 3 e 5%, podemos ver uma inviabilidade de rentabilidade do projeto no período definido de 5 anos, obtendo se VLA negativos. Contudo é importante ter em conta que não se avaliou as receitas do subproduto gerado na produção (Fertilizantes/Dejetos dos Insetos) por falta de dados disponíveis, o que, posteriormente, afeta o valor gerado pela exploração.

Quadro 13 - Resultados dos indicadores de rentabilidade do projeto a preços constantes

<b>Indicadores de Rentabilidade</b>	<b>Valores</b>
TIR	0,51%
VLA	5 232,63 €
IR	1,02
PR1a	4,92

#### 6.4. Análise de sensibilidade

O objetivo da análise de sensibilidade da rentabilidade de um investimento é perceber até que ponto os resultados obtidos são sensíveis a variações. Este tipo de análise requer uma comparação dos resultados dos diferentes indicadores utilizados, quando o valor de produção, encargos de produção ou custos de investimento variam. Foram utilizadas variações de +10%, +5%, -5% e -10% (Anexos VII a XVIII). No Quadro 14, estão expressas as variações referidas.

Quadro 14 - Indicadores obtidos na análise de sensibilidade, segundo variações de 5 e 10%

<b>Variável</b>	<b>Variação</b>	<b>VLA (€)</b>	<b>TIR</b>	<b>IR</b>	<b>PR1a</b>
Contexto projetado		5 232,63	0,51%	1,02	4,92
Vendas	-5%	-77 647,36	-7,87%	0,78	6,44
	-10%	-160 527,35	-17,10%	0,55	9,09
	5%	88 112,62	8,46%	1,27	3,95
	10%	170 992,61	16,18%	1,53	3,26
Custos	-5%	71 722,70	6,96%	1,22	4,10
	-10%	138 212,76	13,34%	1,43	3,49
	5%	-61 257,43	-6,12%	0,82	6,07
	10%	-127 747,50	-13,10%	0,64	7,77
Investimento	-5%	21 360,92	2,18%	1,07	4,69
	-10%	37 489,21	3,98%	1,12	4,45
	5%	-10 895,66	-1,03%	0,97	5,16
	10%	-27 023,95	-2,47%	0,93	5,39

Como é possível observar, o projeto torna-se inviável em vários cenários de variação. Esta situação é expectável, uma vez que o projeto, apesar de viável, apresenta valores para VLA reduzidos e um período de retorno do investimento perto do limite dos cinco anos. Quando há uma variação positiva dos custos ou do investimento, ou uma variação negativa das vendas, o período de recuperação do investimento ultrapassa os cinco anos de avaliação

do projeto, a TIR e o VLA passam a tomar valores negativos confirmando a inviabilidade nestas situações. Quando os custos variam em -10% ou as vendas variam em +10% é quando o projeto se apresenta o mais rentável de todas as situações estudadas.

## 7. Considerações Finais

A produção de insetos em Portugal, apesar de não representar a importância económica que outros setores pecuários assumem, manifesta uma grande potencialidade no futuro. Em termos de mercado, ainda apresenta uma dimensão reduzida, mas com oportunidade de grande expansão, especialmente quando a produção de insetos para alimentação de animais de produção se tornar competitiva em comparação com as típicas fontes proteicas utilizadas.

Com a realização deste trabalho pretendeu-se entender a atenção dada nos últimos anos aos insetos como nova fonte alimentar e encarar a espécie *T. molitor* de uma perspetiva zootécnica. O TM apresenta resultados promissores a nível nutricional e de produção sustentável, sendo capaz de atenuar os problemas de desperdício alimentar no setor agrícola, numa perspetiva de circularidade. Ao longo da dissertação é destacada a importância da utilização de maneios e técnicas adequadas, de forma a assegurar uma produção segura do ponto de vista alimentar.

A realização de um acompanhamento experimental de populações deste inseto permitiu, além de averiguar dados em falta como as taxas de mortalidade, obter uma maior compreensão de comportamentos produtivos. O desenvolvimento de um modelo populacional revelou ser uma ferramenta útil, pois possibilitou a previsão de forma teórica da evolução das populações e de que forma são afetadas pela alteração das suas condicionantes.

A análise de rentabilidade do projeto provou que o mesmo é viável, rentável e sustentável do ponto de vista económico a preços constantes, uma vez que se obteve um VLA positivo, a TIR foi superior à taxa de atualização e o PR inferior ao período avaliação do projeto. Contudo quando introduzidas taxas de atualização superiores à baixa TIR calculada de 0,51% a preços constantes, o projeto deixa de ser rentável no período de 5 anos.

A análise de sensibilidade demonstrou que o projeto é bastante sensível a alterações, ou seja, havendo um aumento nos custos, uma quebra nas vendas ou um aumento no investimento inicial, o projeto deixa de ser rentável.

## Referências Bibliográficas

- Agência do Ambiente Europeia (s/ data). Glossário – Eurostat statistics explained website, acessido a 23 novembro de 2022, <[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon\\_dioxide\\_equivalent](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide_equivalent)>
- Andersen, J., Berggreen, I., & Heckmann, L.-H. (2017). *Recommendations for breeding and holding of regular mealworm, Tenebrio molitor*. Insect Group, Water and Environment, Danish Technological Institute, Aarhus, Dinamarca, <https://www.bugburger.se/wp-content/uploads/2018/11/mealwormguide.pdf>
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., & Ricci, A. (2013). Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3), 296–313. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014>
- Bernard, T., & Womeni, H. M. (2017). Entomophagy: Insects as Food. In (Ed.), *Insect Physiology and Ecology*, 10, 233-253. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/67384>
- Bjørge, J. D., Overgaard, J., Malte, H., Gianotten, N., & Heckmann, L.-H. (2018). Role of temperature on growth and metabolic rate in the tenebrionid beetles *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Physiology*, 107, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2018.02.010>
- Canadas, C. B. B. (2021). *Tenebrio molitor para alimentação humana: percepção dos consumidores no mercado português, Dissertação de Mestrado* [Universidade Lusófona]. <http://hdl.handle.net/10437/12785>
- Costa, J. M., Murta, D. de M., & Magalhães, T. O. N. L. de (2018). *Produção, processamento e utilização de insetos em alimentação animal* (Direção, Ed.; 1.<sup>a</sup> ed.). Direção-Geral de Alimentação e Veterinária.
- Costa, S. M. (2017). *Proteínas de larvas de Tenebrio molitor (L., 1758): extração, caracterização e aplicação num produto alimentar, Dissertação de Mestrado*, [Faculdade de Medicina Veterinária]. <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/13222>
- de Marco, M., Martínez, S., Hernandez, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L., Belforti, M., Bergero, D., Katz, H., Dabbou, S., Kovitvadhi, A., Zoccarato, I., Gasco, L., & Schiavone, A. (2015). Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and

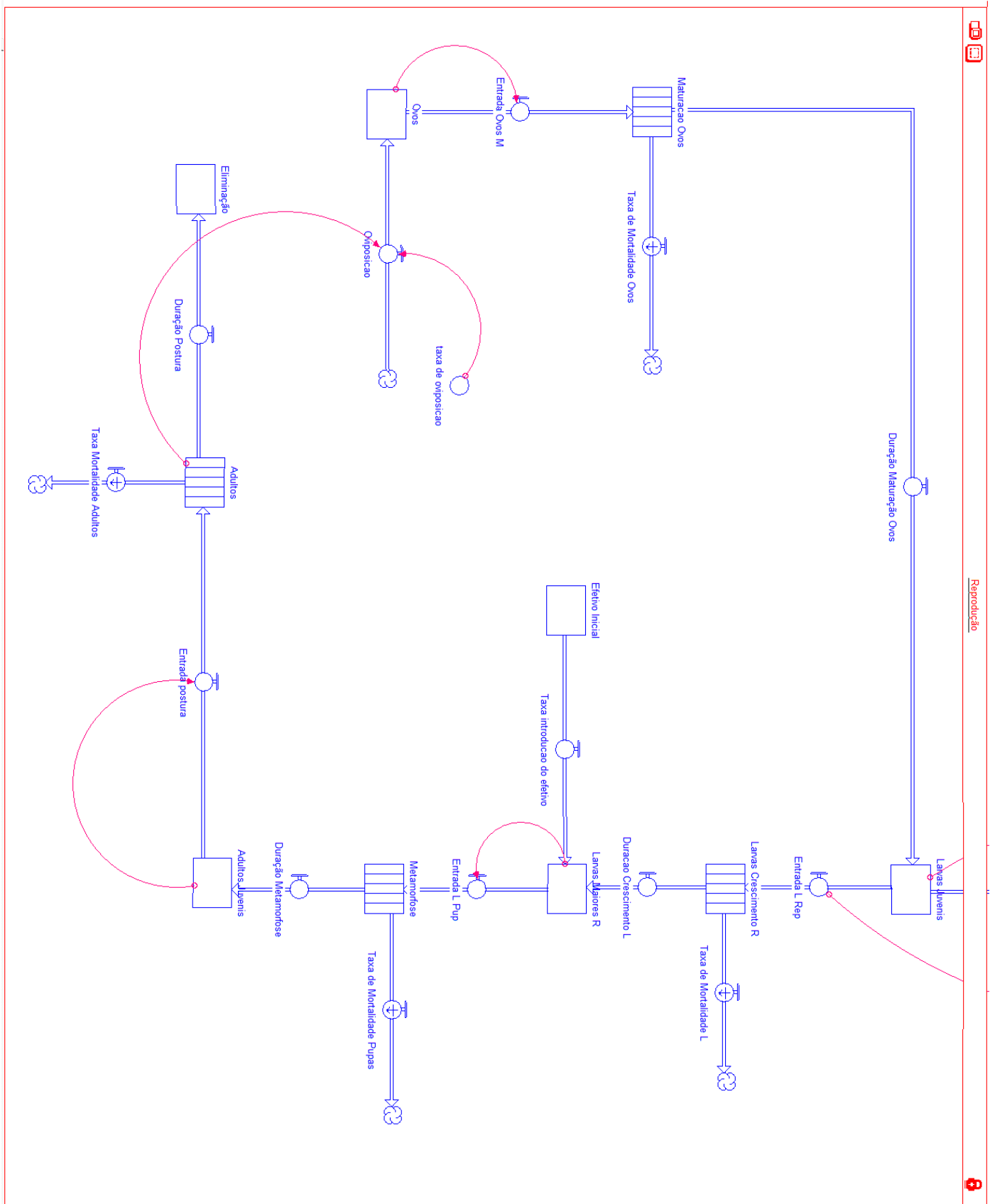
- apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, 209, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.006>
- Decreto-Lei nº81/2013 de 14 de junho - Diário da República nº113/2013. (sem data). *Série I. Ministério Da Agricultura Do Desenvolvimento Rural e Das Pescas. Lisboa.*
- Deruytter, D., Coudron, C. L., & Claeys, J. (2022). The effects of density on the growth and temperature production of *Tenebrio molitor* Larvae. *Sustainability*, 14(10), 6234. <https://doi.org/10.3390/su14106234>
- DGAV (2013). *Nota Interpretativa de 27/12/2013, Atribuição de valor equivalente em CN — Cabeça Normal, para a produção de insetos e outras produções animais intensivas, no âmbito do REAP.* Disponível em [https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/REAP/NI\\_NREAP\\_2\\_2013.pdf](https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/REAP/NI_NREAP_2_2013.pdf) (acedido a 10 de outubro de 2022)
- Dobermann, D., Swift, J. A., & Field, L. M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin* (Vol. 42, Issue 4, pp. 293–308). <https://doi.org/10.1111/nbu.12291>
- EFSA (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10), 4257. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>
- Frooninckx, L., Berrens, S., van Peer, M., Wuyts, A., Broeckx, L., & van Miert, S. (2022). Determining the effect of different reproduction factors on the yield and hatching of *Tenebrio molitor* eggs. *Insects*, 13(7), 615. <https://doi.org/10.3390/insects13070615>
- Ghaly, A. E., & Alkoaik, F. N. (2009). The yellow mealworm as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(4), 319–331. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2009.319.331>
- Hill, D. S. (2003). *Pests of Stored Foodstuffs and Their Control*. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/0-306-48131-6>
- Hong, J., Han, T., & Kim, Y. Y. (2020). Mealworm (*Tenebrio molitor*) Larvae as an alternative protein source for monogastric animal: A review. *Animals*, 10(11), 2068. <https://doi.org/10.3390/ani10112068>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2022). Clima de Portugal Continental. Leiria: Instituto Português do Mar e da Atmosfera; [acedido a 9 de setembro de 2022]. <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/?print=true>.

- Junior, J. C. L., Ferreira, L. C. F., & Pederiva, K. de A. (2018). Desenvolvimento de larvas de *Tenebrio molitor* em diferentes dietas visando a produção de insetos para consumo humano. *Connection Line - Revista Eletrônica da UNIVAG*, 0(18). <https://doi.org/10.18312/connectionline.v0i18.822>
- Kauppi, S.-M. (2016). *Insect economy and marketing: How much and in what way could insects be shown in packaging?* [Aalto University]. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201610124875>
- Lopez M. J, Mohiuddin S. S. (2022). Biochemistry, Essential Amino Acids. [Updated 2022 Mar 18]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557845/>.
- Morales-Ramos, J. A., & Rojas, M. G. (2015). Effect of larval density on food utilization efficiency of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(5), 2259–2267. <https://doi.org/10.1093/jee/tov208>
- Nações Unidas. (2019). *World Population Prospects 2019: Highlights*. UN. <https://doi.org/10.18356/13bf5476-en>
- Nunes, M., Barros, R., Moreira, P., Moreira, A., & Morais-Almeida, M. (2012). *Food Allergy for Schools* (Ministério da Educação e Ciência - Direção-Geral da Educação & Ministério da Saúde - Direção-Geral da Saúde, Eds.). Direcção Geral da Educação (DGS).
- Oonincx, D. G. A. B., & de Boer, I. J. M. (2012). Environmental Impact of the production of mealworms as a protein source for humans – A life cycle assessment. *PLoS ONE*, 7(12), e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Punzo, F., & Mutchmor, J. A. (1980). Effects of temperature, relative humidity and period of exposure on the survival capacity of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 53(2), 260–270. <http://www.jstor.org/stable/25084029>
- Ravzanaadii, Nergui & Kim, Seong-Hy & Choi, Won-Ho & Hong, Seong-Jin & Kim, Nam-Jung. (2012). Nutritional Value of Mealworm, *Tenebrio molitor* as Food Source. *International Journal of Industrial Entomology*. 25. 93-98. 10.7852/ijie.2012.25.1.093.
- Regulamento (UE) 2015/2283 (Acedido novembro 2022) do Parlamento europeu e do Conselho de 25 de novembro de 2015 relativo a novos alimentos, que altera o Regulamento (UE) n.o 1169/2011 do e que revoga o Regulamento (CE) n.o 258/97 e o Regulamento (CE) n.o 1852/2001 da Comissão

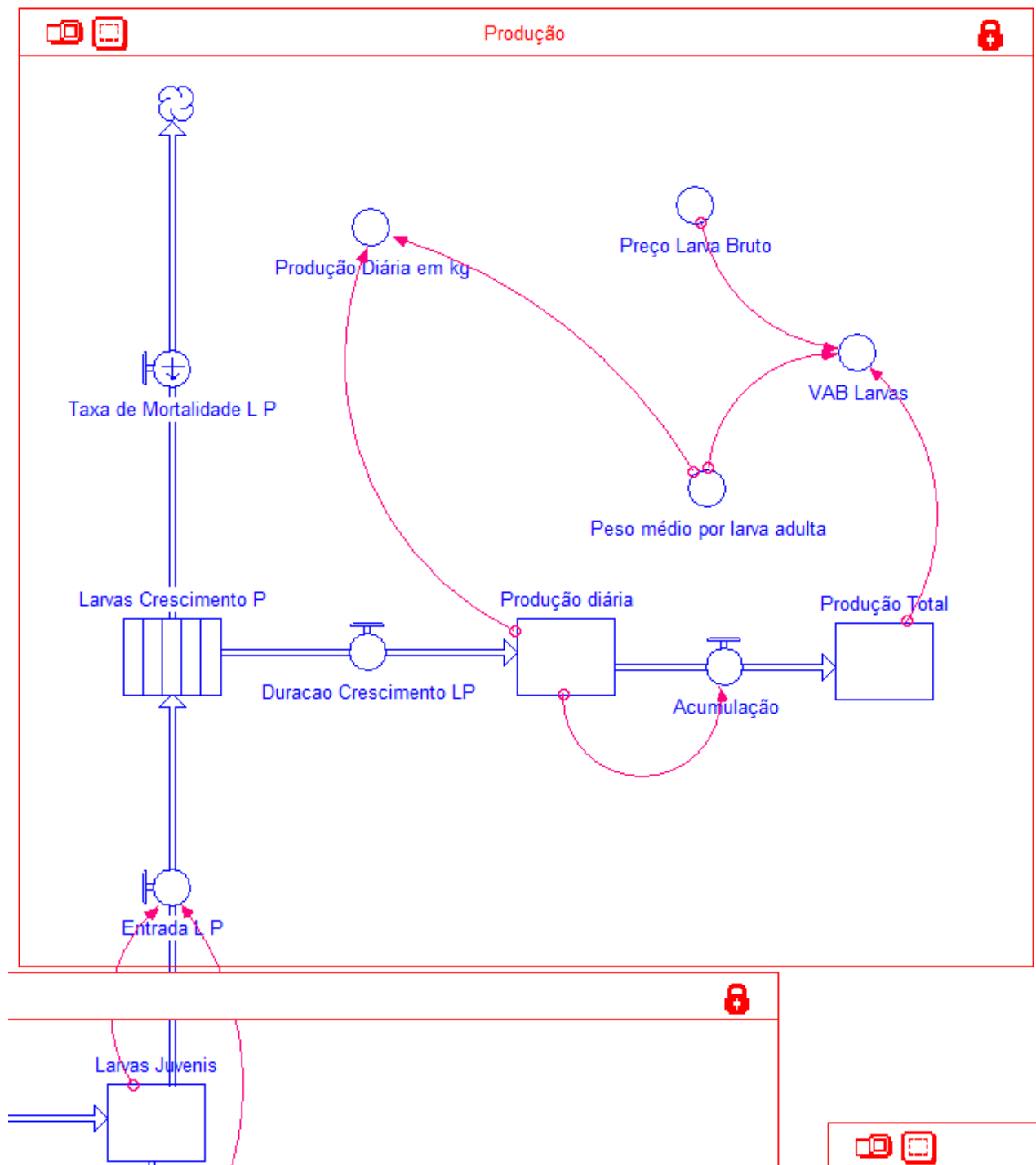
- Regulamento (UE) n. ° 142/2011. (Acedido outubro 2022). do *Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Fevereiro de 2011, que define regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano.*
- Ribeiro, N. T. G. M. (2017). *Tenebrio molitor for food or feed: rearing conditions and the effects of pesticides on its performance. Relatório de Mestrado* [Instituto politécnico de Coimbra], <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/18083>
- Ribeiro, N., Abelho, M., & Costa, R. (2018). A review of the scientific literature for optimal conditions for mass rearing *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Entomological Science*, 53(4), 434–454. <https://doi.org/10.18474/JES17-67.1>
- Ricardo Jorge, I. N. d. S. D. (2021). *Tabela Da Composição De Alimentos*. Lisboa: Editorial do Ministério da Educação
- Rumbos, C. I., Karapanagiotidis, I. T., Mente, E., Psoufakis, P., & Athanassiou, C. G. (2020). Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *Scientific Reports*, 10(1), 11224. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67363-1>
- Shafique, L., Abdel-Latif, H. M. R., Hassan, F., Alagawany, M., Naiel, M. A. E., Dawood, M. A. O., Yilmaz, S., & Liu, Q. (2021). The feasibility of using yellow mealworms (*Tenebrio molitor*): towards a sustainable aquafeed industry. *Animals*, 11(3), 811. <https://doi.org/10.3390/ani11030811>
- van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible insects - future prospects for food and feed security. *FAO Forestry*.
- Veldkamp, T., & Bosch, G. (2015). Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontiers*, 5(2), 45–50. <https://doi.org/10.2527/af.2015-0019>
- Wemans, M.P.C.C. (2015). Insetos comestíveis. Avaliação nutricional de duas espécies comercializadas em Portugal. *Dissertação de Mestrado* [Instituto Superior de Agronomia], 67 p. <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/9247>

## **ANEXOS**

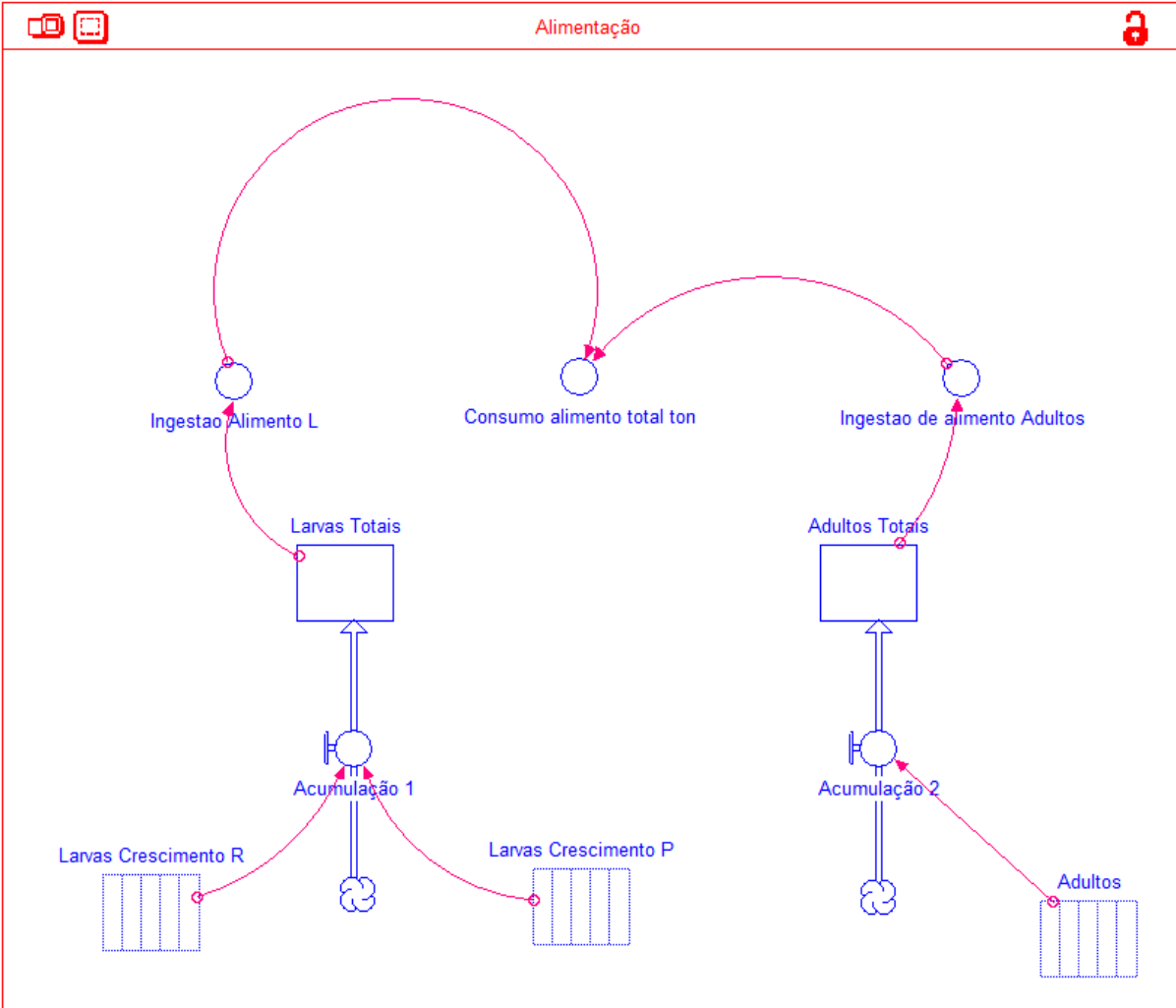
# Anexo I - Modelo populacional (Secção Reprodução)



## Anexo II - Modelo Populacional (Secção Produção)

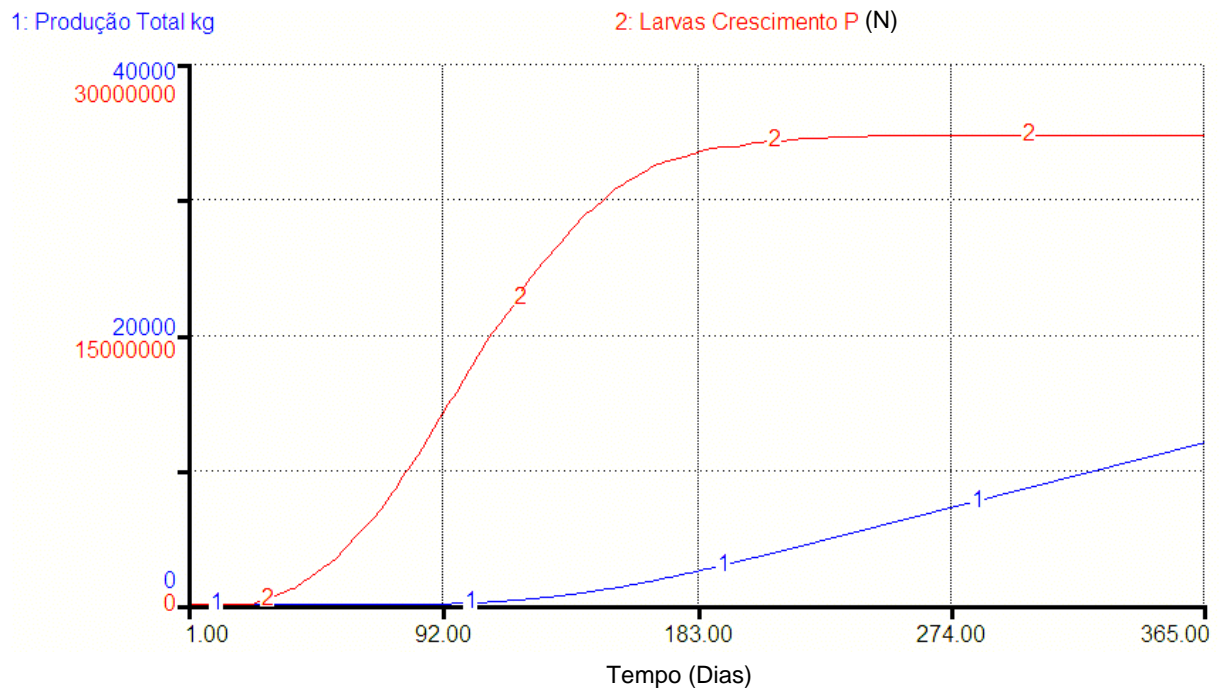


**Anexo III – Modelo Populacional (Secção Alimentação)**

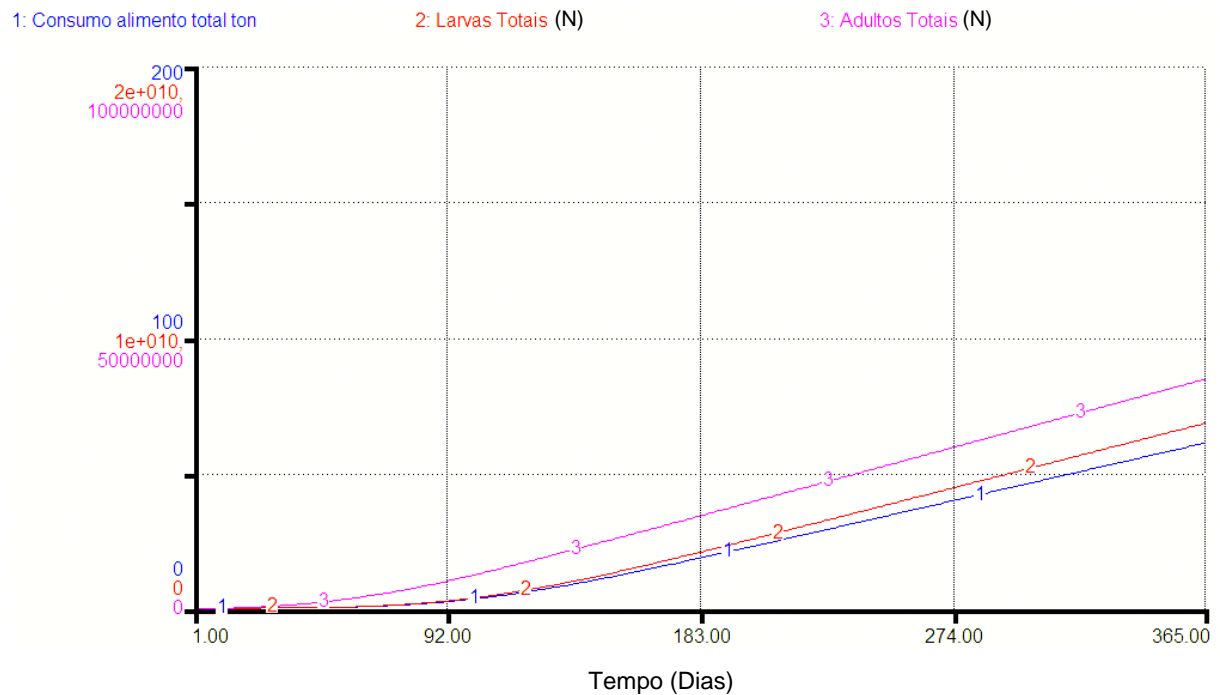


## Anexo IV – Resultados Modelo

### Evolução da produção total larvar em kg e do efetivo larvar para produção



### Evolução do efetivo total larvar e adulto e consequente consumo total de alimento



## **Anexo V. Carrinho e caixas, modelo CTX Euronorm E1, da empresa REA**

Características:

Dimensões do carrinho: 54x66x175 cm (CxPxA); A= 3564 cm<sup>2</sup>

Dimensões de cada caixa: 60x40x12 cm (CxPxA); A= 2400 cm<sup>2</sup>

Caixas certificadas para utilização alimentar.



**Anexo VI. Peneira industrial vibratória, modelo VS-04, da empresa MINIPRESS.RU**

Características:

Diâmetro: 1130 mm

Consumo: 1.1 – 1.75 kW

Capacidade de processamento: 0-20 t/h



**Anexo VII. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (-5% Investimento)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	306 437,54	181 611,85	197 697,47	-322 523,15	-322 523,15				
1		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-253 746,34				
2		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-184 969,52	21 360,92	1,07	4,69	2,18%
3		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-116 192,71				
4		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-47 415,89				
5		295 197,58	226 420,77	68 776,82	21 360,92				

**Anexo VIII. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (-10% Investimento)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	290 309,25	181 611,85	197 697,47	-306 394,86	-306 394,86				
1		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-237 618,05				
2		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-168 841,23	37 489,21	1,12	4,45	3,98%
3		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-100 064,42				
4		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-31 287,60				
5		295 197,58	226 420,77	68 776,82	37 489,21				

**Anexo IX. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (+5% Investimento)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	338 694,12	181 611,85	197 697,47	-354 779,74	-354 779,74				
1		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-286 002,92				
2		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-217 226,11	-10 895,66	0,97	5,16	-1,03%
3		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-148 449,29				
4		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-79 672,48				
5		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-10 895,66				

**Anexo X. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (+10% Investimento)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	354 822,41	181 611,85	197 697,47	-370 908,03	-370 908,03				
1		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-302 131,21				
2		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-233 354,40	-27 023,95	0,93	5,39	-2,47%
3		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-164 577,58				
4		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-95 800,77				
5		295 197,58	226 420,77	68 776,82	-27 023,95				

**Anexo XI. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (-5% Vendas)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	322 565,83	172 531,26	197 697,47	-347 732,04	-347 732,04				
1		280 437,70	226 420,77	54 016,94	-293 715,10				
2		280 437,70	226 420,77	54 016,94	-239 698,17	-77 647,36	0,78	6,44	-7,87%
3		280 437,70	226 420,77	54 016,94	-185 681,23				
4		280 437,70	226 420,77	54 016,94	-131 664,29				
5		280 437,70	226 420,77	54 016,94	-77 647,36				

**Anexo XII. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (-10% Vendas)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	322 565,83	163 450,67	197 697,47	-356 812,63	-356 812,63				
1		265 677,83	226 420,77	39 257,06	-317 555,57				
2		265 677,83	226 420,77	39 257,06	-278 298,52	-160 527,35	0,55	9,09	-17,10%
3		265 677,83	226 420,77	39 257,06	-239 041,46				
4		265 677,83	226 420,77	39 257,06	-199 784,40				
5		265 677,83	226 420,77	39 257,06	-160 527,35				

**Anexo XIII. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (+5% Vendas)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	322 565,83	190 692,44	197 697,47	-329 570,85	-329 570,85				
1		309 957,46	226 420,77	83 536,69	-246 034,16				
2		309 957,46	226 420,77	83 536,69	-162 497,46	88 112,62	1,27	3,95	8,46%
3		309 957,46	226 420,77	83 536,69	-78 960,77				
4		309 957,46	226 420,77	83 536,69	4 575,92				
5		309 957,46	226 420,77	83 536,69	88 112,62				

**Anexo XIV. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (+10% Vendas)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	322 565,83	199 773,04	197 697,47	-320 490,26	-320 490,26				
1		324 717,34	226 420,77	98 296,57	-222 193,69				
2		324 717,34	226 420,77	98 296,57	-123 897,11	170 992,61	1,53	3,26	16,18%
3		324 717,34	226 420,77	98 296,57	-25 600,54				
4		324 717,34	226 420,77	98 296,57	72 696,03				
5		324 717,34	226 420,77	98 296,57	170 992,61				

**Anexo XV. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (-5% Custos)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	322 565,83	181 611,85	187 812,59	-328 766,57	-328 766,57				
1		295 197,58	215 099,73	80 097,85	-248 668,72				
2		295 197,58	215 099,73	80 097,85	-168 570,86	71 722,70	1,22	4,10	6,96%
3		295 197,58	215 099,73	80 097,85	-88 473,01				
4		295 197,58	215 099,73	80 097,85	-8 375,16				
5		295 197,58	215 099,73	80 097,85	71 722,70				

**Anexo XVI. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (-10% Custos)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	322 565,83	181 611,85	177 927,72	-318 881,70	-318 881,70				
1		295 197,58	203 778,69	91 418,89	-227 462,81				
2		295 197,58	203 778,69	91 418,89	-136 043,91	138 212,76	1,43	3,49	13,34%
3		295 197,58	203 778,69	91 418,89	-44 625,02				
4		295 197,58	203 778,69	91 418,89	46 793,87				
5		295 197,58	203 778,69	91 418,89	138 212,76				

**Anexo XVII. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (+5% Custos)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	322 565,83	181 611,85	207 582,34	-348 536,32	-348 536,32				
1		295 197,58	237 741,81	57 455,78	-291 080,54				
2		295 197,58	237 741,81	57 455,78	-233 624,76	-61 257,43	0,82	6,07	-6,12%
3		295 197,58	237 741,81	57 455,78	-176 168,99				
4		295 197,58	237 741,81	57 455,78	-118 713,21				
5		295 197,58	237 741,81	57 455,78	-61 257,43				

**Anexo XVIII. Análise de sensibilidade dos índices de rentabilidade (+10% Custos)**

Ano	Investimento	Entradas	Saídas	Cash-Flow	Cash-Flow Acumulado	VLA	IR	PRla	TIR
0	322 565,83	181 611,85	217 467,21	-358 421,19	-358 421,19				
1		295 197,58	249 062,84	46 134,74	-312 286,45				
2		295 197,58	249 062,84	46 134,74	-266 151,71	-127 747,50	0,64	7,77	-13,10%
3		295 197,58	249 062,84	46 134,74	-220 016,98				
4		295 197,58	249 062,84	46 134,74	-173 882,24				
5		295 197,58	249 062,84	46 134,74	-127 747,50				