

## **Avaliação da presença de insetos em milho armazenado**

**Ana Filipa Barreto Cambeiro**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Alimentar - especialização em  
Qualidade e Segurança Alimentar**

Orientadores: Doutora Maria Otília de Almeida Carvalho

Prof.º Doutor Miguel Pedro de Freitas Barbosa Mourato

**Júri:**

Presidente: Profª Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora auxiliar com agregação, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Profª Doutora Maria Luísa Louro Martins, Professora auxiliar, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutora Maria Otília de Almeida Carvalho, Investigadora auxiliar, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

*“The supreme irony is that all over the world monies worth billions of rupees are spent every year to save crops that contain no more than 14% of plant protein by killing another food source (insects) that may contain up to 75% of high quality animal protein.” (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011)*

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar tenho a agradecer à minha Orientadora, Dr.<sup>a</sup> Otília Carvalho, por ter acreditado e apoiado este projeto desde o início e por ter sido incansável, com o seu entusiasmo, na ajuda que me prestou.

Ao professor Dr. Miguel Mourato por todos os ensinamentos e disponibilidade e por toda a paciência sempre que recorria à sua ajuda.

Ao Dr. Rogério Mendes, do Instituto Português de Investigação do Mar e das Pescas, pela sua disponibilidade, simpatia e acolhimento.

À Bárbara Teixeira, também do IPIMAR, por ter possibilitado que uma das partes fundamentais do projeto se tenha realizado corretamente e também, claro, pela simpatia e acolhimento.

À Daniela, à Telma e ao Duarte por toda a ajuda na fase final do projeto.

À minha amiga, Ana Rita Piteira, por me ter acompanhado nestes cinco anos de universidade e por ter sido a minha companheira de sempre.

Ao meu namorado, João Santana, por tudo, por acreditar em mim mesmo quando eu não acredito e por nunca me deixar sozinha.

E por último, mas não menos importante, à minha mãe, avó e avô maternos, sem os quais nada disto teria sido possível. Pelo seu apoio e compreensão sem fim e pelo seu amor inabalável ao longo de toda a minha vida, mas principalmente agora.

Por tudo, um muito obrigado a todos.

## Resumo

Estima-se que até 2050 a população mundial aumente de forma descontrolada. Esta suposição torna urgente a procura de novos alimentos e meios de produção mais eficazes.

Pela sua abundância, características nutricionais e facilidade de produção, os insetos, podem tornar-se um forte candidato quando se fala em alimentos alternativos. No entanto, são vistos pela cultura ocidental como elementos da natureza que não devem ser consumidos, o que impõe ainda um entrave na ampliação de hábitos entomófagos. O conteúdo nutricional dos insetos depende do seu estágio de desenvolvimento, habitat e dieta assim como são considerados animais de baixíssimo risco relativamente a zoonoses.

Nesta dissertação procurou-se estudar a potencial vantagem de incluir *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* na alimentação humana. Estas são espécies pouco estudadas, e duas das principais pragas cerealíferas, as quais podem causar mais de 15% de perdas nos cereais armazenados. Para combater-las são aplicadas grandes quantidades de pesticidas nos produtos com a finalidade de evitar a sua presença e isto tem impacto negativo no ambiente e, possivelmente, na saúde do consumidor.

Foram avaliados o teor de humidade, proteína, lípidos, aminoácidos essenciais, fibras e minerais. Realizou-se ensaios utilizando grãos de milho para o estudo de larvas de *S. zeamais*, uma vez que é uma espécie que se desenvolve dentro do grão. A análise nutricional fez-se por comparação da razão grão infestado / não infestado. *T. castaneum* desenvolve-se fora do grão e, por isso, as larvas foram estudadas isoladamente

Verificou-se que a proporção inseto/farinha era demasiado pequena e não houve, por isso, diferenças significativas nos teores de proteína, lípidos e fibras. No entanto mesmo em pequenas quantidades verificaram-se diferenças significativas nos teores de oito aminoácidos essenciais (HIS, THR, VAL, LYS, MET, LEU, ILE, PHE) e no teor de manganês e cobre.

As larvas de *T. castaneum*, apresentaram teores de lípidos, proteína e fibra de 9,07%, 21,37% e 8,76% respetivamente. Quanto ao teor em aminoácidos essenciais, a carne de bovino difere bastante das amostras de larvas, principalmente nos teores em lisina e leucina. Verificou-se, relativamente, a elementos minerais, que o potássio está em muito maior percentagem na carne de bovino e salmão, quando comparado com o inseto. No entanto, estas larvas são muito ricas em ferro, zinco, magnésio e sódio.

Assim, é possível afirmar que larvas de *T. castaneum* podem ser uma boa alternativa a fontes animais mais caras para a formulação de RUFT, mas apenas se futuros estudos provarem que estas não produzem benzoquinonas

**Palavras-chave:** Entomofagia, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*, valor nutricional

## Abstract

It is expected that by 2050 the world population has increased wildly. Considering this, it is crucial to search for new food sources, allied to efficient production.

Due to its abundance, nutritional characteristics, and easy rearing conditions, insects are valuable candidates to be included in our diet. Nonetheless, occidental culture does not widely accept entomophagy, staling the implementation of these habits.

The nutritional content of insects varies through development, stage, habitat, or diet as well as they are considered animals with a very low risk of zoonosis.

The aim of this dissertation, is to study the potential of including *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* in food products for human consumption. Poor references about their nutritional value, these are key-species of stored cereals, contributing to more than 15% of grain losses. Considering this, large quantities of pesticides are used to avoid them, however with great impact in environment and possibly in human health.

In these experiments, moisture lipids, protein, fibre, essential amino acids and minerals were assessed.

The study was carried out on corn grains, and infested and non-infested grains were compared. The *T. castaneum* larvae were analysed separately.

Results regarding *Sitophilus zeamais* showed that there was low infestation of the maize grains, therefore, no significant differences on protein, lipid and fibre contents were measured when compared to non-infested. However, there were significant differences on eight essential amino (HIS, THR, VAL, LYS, MET, LEU, ILE, PHE) acids content and in manganese and copper contents.

Concerning nutritional evaluation of *T. castaneum* larvae, it was measured 9,07%, 21,37% and 8,76% of lipids, protein and fibre, respectively. Regarding aa content, bovine meat differs largely in lysine and leucine. It was verified that potassium is in much greater percentage in meat like bovine and salmon, when comparing to insects. Nevertheless, these larvae are very rich in other minerals such as iron, zinc, magnesium and sodium. It is possible to assert that *T. castaneum* larvae can be a good alternative to be used in the formulation of RUFTS, but only if it is proven by further studies that these larvae do not produce benzoquinones.

**Keywords:** Entomophagy, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*, nutritional value

**ÍNDICE GERAL |**

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VI</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>

**ÍNDICE |**

<b>CAPÍTULO 1   Contextualização .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Enquadramento do tema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Estrutura da dissertação.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 2   Introdução .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Evolução histórica da entomofagia.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 A cultura ocidental .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Atualidade .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Entomofagia segundo a legislação europeia .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Perdas relacionadas com pragas de insetos.....</b>	<b>12</b>
<b>2.6 Vantagens da prática da entomofagia.....</b>	<b>13</b>
<b>2.6.1 Benefícios ambientais.....</b>	<b>14</b>
<b>2.6.2 Benefícios de produção .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6.3 Benefícios nutricionais .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7 <i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulsky,1855) como alimento humano .....</b>	<b>29</b>
<b>2.7.1 Caracterização, morfologia e ciclo de vida.....</b>	<b>29</b>
<b>2.7.2 Caracterização do substrato.....</b>	<b>31</b>
<b>2.8 <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797) como alimento humano.....</b>	<b>33</b>
<b>2.8.1 Caracterização, morfologia e ciclo de vida.....</b>	<b>33</b>
<b>2.8.2 Caracterização do substrato.....</b>	<b>35</b>
<b>CAPITULO 3   Materiais e métodos .....</b>	<b>36</b>

<b>3.1</b>	<b>Preparação das amostras .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>Determinações analíticas.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Determinação do teor em humidade .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Determinação de elementos minerais .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Determinação do teor de proteína .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Determinação de aminoácidos .....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Determinação do teor de lípidos.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Determinação do teor em fibra .....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.7</b>	<b>Análise estatística de resultados.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>Apresentação e discussão de resultados.....</b>	<b>40</b>
<b>3.5</b>	<b>Propostas de estudos futuros .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS  .....</b>		<b>51</b>

## ÍNDICE DE QUADROS |

Quadro 1 - Efeitos da agricultura intensiva nos ecossistemas a nível local, externo e global.....	16
Quadro 2 - Quadro resumo relativo aos fatores de conversão de animais de produção em kg, percentagem de porção comestível e respetivo alimento necessário em kg ...	20
Quadro 3 - Teor Proteína, ferro, tiamina, riboflavina, niacina e energia em duas espécies de inseto bem como outros alimentos comumente consumidos (100g) .....	25
Quadro 4 - Valores máximos, mínimos e médios de hidratos de carbono para quatro ordens diferentes de insetos (%).....	26
Quadro 5 - Valores máximos, mínimos e médios de lípidos para quatro ordens de inseto diferentes (%).....	26
Quadro 6 - Valores máximos, mínimos e médios de lípidos para quatro ordens de inseto diferentes (%).....	26
Quadro 7 - Valores de referência de hidratos de carbono, lípidos (nomeadamente ácido linoleico e linolénico) e proteína para adultos com idades compreendidas entre os 31 e os 50 anos (g/d) .....	28
Quadro 8 - Ingestão recomendada de aas essenciais (mg/kg/dia).....	28
Quadro 9 - Percentagem de Hidratos de Carbono, lípidos e proteína nas diferentes fases do ciclo de vida (ovo, larva, pupa e adulto) de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	31
Quadro 10 - Quantidade dos principais minerais presentes em amostras de milho comum, <i>Zea mayz</i> L. (mg/100g) .....	32
Quadro 11 - Teores em humidade, lípidos, proteínas e fibra das amostras de farinha com e sem larvas de <i>Sitophilus zeamais</i> . Letras minúsculas iguais (a,a) significam que não existe evidência estatística suficiente para afirmar que sejam diferentes. ....	40
Quadro 12 - Teor em aminoácidos das amostras com e sem larvas de <i>Sitophilus zeamais</i> . <LQ = <9 pmol/µl. Letras minúsculas iguais (a,a) significam que não existe evidência estatística suficiente para afirmar que sejam diferentes. ....	43
Quadro 13 - Teor em elementos minerais das amostras com e sem larvas de <i>Sitophilus zeamais</i> . <LQ = <9 pmol/µl. Letras minúsculas iguais (a,a) significam que não existe evidência estatística suficiente para afirmar que sejam diferentes. ....	44
Quadro 14 - Teor em humidade, lípidos, proteína e fibra para larvas de <i>Tribolium castaneum</i> . Resultados em peso húmido .....	45
Quadro 15 - Teor em Aminoácidos e elementos minerais em larvas de <i>Tribolium castaneum</i> .....	46

**ÍNDICE DE FIGURAS |**

Figura 1 - Mapa mundial do consumo de insetos por região e número de espécies consumidas .....	9
Figura 2 - Número de insetos consumidos no mundo por tipos, relativo a dados de 2015.....	9
Figura 3 – Emissões de NH <sub>3</sub> em g/dia/kg ganho de massa na produção de larva da farinha, grilo, gafanhoto e suínos.....	17
Figura 4 – Emissões de gases com efeito de estufa (GEE) em mg/dia/kg peso ganho em massa de larvas da farinha, grilo, gafanhoto e suínos .....	17
Figura 5 - Produção de gases com efeito de estufa, energia e área de terra necessária para a produção de larvas da farinha, leite, suíno, aves e bovinos em kg CO <sub>2</sub> , MJ e m <sup>2</sup> respetivamente. A barra cinzenta representa os valores mínimos e a barra verde escura os máximos .....	18
Figura 6 - Eficiência de produção de sistemas convencionais comparativamente a sistemas de produção de grilos. A barra cinzenta representa a quantidade de alimento necessário para obter 1kg de massa comestível enquanto a barra verde representa a quantidade de alimento necessário para obter 1kg de massa comestível enquanto a barra verde representa a quantidade de alimento necessário para obter 1kg de peso vivo. Os gráficos circulares representam a percentagem de massa passível de ser consumida .....	20
Figura 7 - Fotografia da parte dorsal de um <i>Sitophilus zeamais</i> adulto .....	29
Figura 8 - Evolução ao longo do ciclo de vida de <i>Sitophilus zeamais</i> . Da esquerda para a direita: (1) larva; (2) pupa; (3) adulto.....	30
Figura 9 - Imagem da parte dorsal do <i>Tribolium castaneum</i> adulto.....	34
Figura 10 - Evolução ao longo do ciclo de vida de <i>Tribolium castaneum</i> . Da esquerda para a direita: (1) larva; (2) pupa; (3) adulto .....	34

## ABREVIATURAS |

<b>Aa</b>	Aminoácido
<b>ACh</b>	Acetilcolina
<b>AChE</b>	Acetilcolinesterase
<b>Ag</b>	Ácido-gordo
<b>AGE</b>	Ácidos Gordos Essenciais
<b>AOAC</b>	Association of Official Analytical Chemists
<b>BLSS</b>	Bioregenerative life support systems
<b>EBQ</b>	Etil-1,4-benzoquinonas
<b>EFSA</b>	European Food Security Authority
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations
<b>GEE</b>	Gases com Efeito de Estufa
<b>HIS</b>	Histidina
<b>ILE</b>	Isoleucina
<b>LEU</b>	Leucina
<b>LYS</b>	Lisina
<b>MBQ</b>	Metil-1,4-benzoquinonas
<b>MET</b>	Metionina
<b>PHE</b>	Fenilalanina
<b>RUTF</b>	Ready-to-use Therapeutic Foods
<b>THR</b>	Treonina
<b>TRP</b>	Triptofano
<b>UNU</b>	United Nations University
<b>VAL</b>	Valina

**WHO** World Health Organization / Organização Mundial de Saúde

**WWF** World Wildlife Fund

## CAPÍTULO 1 |

### Contextualização

#### 1.1 Enquadramento do tema

Por todo o mundo são encontrados epicentros muito específicos onde existem hábitos de entomofagia. Estes são considerados, pela cultura ocidental, como algo primitivo e pouco higiénico, no entanto estudos comprovam que este tipo de alimentação pode trazer benefícios quando corretamente implementada.

Poder-se-ia dividir as vantagens da entomofagia em dois grandes grupos: 1) vantagens para países e civilizações desenvolvidas e 2) vantagens para países e civilizações em desenvolvimento. Ambas as situações comportam diversos tópicos como a garantia de segurança alimentar, a preservação ambiental ou a produção de alimento para situações de risco como a subnutrição (Belluco, et al., 2013).

Na ordem *Coleoptera* encontra-se o maior número de espécies de inseto consumidas em todo o mundo (Wagenigen UR, 2015). Esta inclui *Sitophilus spp* que, ao contrário de muitos outros que compartilham a mesma ordem, não tem tido um papel relevante na alimentação, provavelmente por se tratar de organismos muito pequenos que se desenvolvem no interior de grãos de cereais. Apesar disto, talvez possa existir potencial de enriquecimento nutricional pela sua presença nos cereais, compensando as falhas que estes têm relativamente a alguns aminoácidos essenciais, por exemplo.

*Tribolium spp*, igualmente uma praga cerealífera, que foi posto de parte como alimento humano devido à sua produção de uma substância tóxica, as benzoquinonas (LB, T, M, & A, 2011).

Em muitos países em desenvolvimento a facilidade de obtenção de alimentos ricos em proteína é comprometida devido ao fraco poder de compra. Neste sentido, desperdiçar cereais apenas porque se encontram infestadas com insetos, particularmente, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) ou *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797), pode representar um grande desperdício de recursos. Assim, numa perspetiva de segurança alimentar, mas também ecológica, seria benéfico que em substituição do uso de pesticidas para erradicar espécies como estas, fossem adicionadas aos alimentos de forma a torná-los mais completos e nutritivos.

Este trabalho pretende, então, avaliar estes dois insetos que pouco foram investigados na área da alimentação humana.

## **1.2 Objetivos**

A questão que serve de enquadramento a esta dissertação é: Qual o efeito real da incorporação de insetos, particularmente *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*, em alimentos, relativamente ao seu valor nutritivo?

Assim, o objetivo principal deste trabalho passa por analisar estas espécies relativamente ao seu valor nutricional para que, posteriormente, se possa avaliar a potencialidade de gerar um produto que inclua cereais e insetos a fim de constituir uma refeição mais completa, particularmente em regiões onde a segurança alimentar está comprometida.

## **1.3 Estrutura da dissertação**

A dissertação está dividida em três capítulos. No primeiro capítulo contextualiza-se o tema da tese bem como os objetivos, no segundo introduz-se o tema, retratando a realidade da entomofagia tanto na atualidade como no passado, bem como as vantagens práticas da entomofagia e outros aspetos pertinentes da mesma. Por fim, apresenta-se uma revisão bibliográfica de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*. Finalmente, o terceiro capítulo compreende a parte prática da dissertação com a descrição dos materiais e métodos, resultados e discussão, e as considerações finais.

## CAPÍTULO 2 |

### Introdução

Comer insetos, porque não? Centenas de insetos são consumidos diariamente em todo o mundo. Podem comportar vantagens já estudadas por diversos autores no último século, sendo um assunto cada vez mais investigado (Belluco, et al., 2013; Huis A. v., 2012). Interessa compreender até que ponto esta prática, recorrente de determinadas regiões, pode beneficiar as populações a nível mundial.

### 2.1 Evolução histórica da entomofagia

A entomofagia trata-se da ingestão de insetos por parte de seres humanos e esta aparenta ser global, apenas variando com a localização e população de insetos consumidos, existindo uma relação histórica no seu consumo que se estende desde tempos ancestrais até aos nossos dias. Esta relação foi comprovada por evidências arqueológicas e análise de fezes fossilizadas (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011), parecendo, assim, ser plausível assumir que os nossos antepassados consumiam insetos como parte integrante da sua dieta (Johnson, 2010). Numa base não científica, a referência ao consumo de insetos é especificamente mencionada na Bíblia, *“Todos os insetos voadores que andam com quatro patas devem considerá-los coisas imundas; Só podem comer dos insetos voadores que andam com quatro patas que tiverem as pernas traseiras maiores do que as dianteiras, para com elas poderem saltar; Podem comer, portanto, dos seguintes: gafanhoto, locusta, saltão e grilo, em qualquer das suas espécies.”*<sup>1</sup>.

A prática da entomofagia existiria em todos os continentes exceto na Antártida, embora os indícios desta prática sejam muito mais fracos na Europa que noutros continentes (Schabel, 2010). No Médio Oriente os servos levavam espetadas de gafanhoto para os banquetes reais no palácio de Nininé. Já na Europa, a primeira referência de entomofagia remonta à Grécia Antiga onde cigarras eram consideradas uma iguaria. Existem diversas referências ao consumo de insetos em documentos antigos como *Historia Animaliu* de Aristóteles. No século IX exploradores observaram e documentaram práticas entomófagas no oriente (Huis, et al., 2013). O consumo de insetos provavelmente terá começado dos mais ricos em açúcares para os mais ricos em gordura e, finalmente, para mais ricos em proteína, relaciona-se com a capacidade do paladar humano de detetar os diferentes sabores (Meyer-Rochow, 2010).

---

<sup>1</sup> Excerto da Bíblia Sagrada, Levítico (11:21)

Durante a primeira guerra mundial, os preços dos bens alimentares subiram devido à sua escassez e muitas nações enfrentaram grandes dificuldades. Neste sentido surgiram diversas publicações sobre o consumo de insetos como forma de contornar esta situação e assegurar uma maior segurança alimentar. Howard foi um dos autores dessas publicações, onde falou de alimentos mais baratos e abundantes onde constavam os insetos (Shockley & Dossey, 2014).

Um dos primeiros autores a colocar o estudo da entomofagia no campo científico foi Fritz Simon Bodanheimer com o seu livro "*Insects as Human Food*" de 1951. Pela primeira vez, este autor referenciou os hábitos entomófagos do mundo moderno e discutiu o seu contexto histórico. Depois deste, outros se seguiram como por exemplo, Shimitschek em 1968, que fez uma compilação do impacto dos insetos como alimento, em diferentes culturas (Meyer-Rochow, 2010).

## **2.2A cultura ocidental**

Sendo, então, o hábito da ingestão de insetos tão antigo e generalizado é curioso que em determinados pontos do mundo o mesmo tenha sido reprimido.

O crescente fértil, compreendido entre a parte ocidental da Ásia, o vale e o delta do Nilo, é considerado o local onde a prática agrícola deve ter tido a sua origem devido às terras extremamente férteis. A partir daqui a agricultura expandiu-se para a Europa. Também as espécies de animais domesticadas eram animais terrestres de grande porte pois não só davam quantidades consideráveis de carne, calor, leite e transporte, mas também uma ajuda considerável no trabalho de campo. Pensa-se que, devido à utilidade destes animais, os insetos teriam perdido a sua importância gradualmente. Assim, a produção de alimentos nesta zona desenvolveu-se muito rapidamente bem como o seu armazenamento e conservação. Este novo estilo de vida fez com que se abandonasse o espírito coletor diminuindo ainda mais o interesse no consumo de insetos. Mais tarde com a industrialização, a população afastou-se dos meios rurais não tendo acesso fácil à natureza distanciando-se ainda mais deste hábito (Huis, et al., 2013).

Um artigo polémico, por parte de Meyer-Rochow (2010), apontou como razão para que os hábitos entomófagos se tenham perdido no tempo a crença de que assim a comunidade seria considerada mais civilizada e culta. A resistência atual, por parte da cultura ocidental, ao consumo de insetos deve-se-á então à associação destes seres a uma ideia de medo e insegurança, a uma perspetiva de pobreza, baixo *status* e prática barbárica ou a uma neofobia alimentar<sup>2</sup>. (Shockley & Dossey, 2014, Schabel, 2010, Meyer-Rochow, 2010). Meyer-Rochow (2010) contrariou esta ideia dizendo que os

---

<sup>2</sup> Medo de alimentos novos ou práticas alimentares novas

insetos são uma fonte valiosa de alimento direto (como alimentação humana) ou indireto (como alimentação de gado).

Assim, na cultura ocidental, os insetos há muito que não desempenham um papel ativo na alimentação e passaram a ser vistos como pragas, portadores de doenças e de mau estar pelo que existe repulsa relativamente à entomofagia (Huis, et al., 2013).

### **2.3 Atualidade**

Hoje em dia, o consumo de insetos permanece nos países tropicais e subtropicais, mas não só. Também se verifica em países temperados nomeadamente China, Japão e México (Huis, et al., 2013). Estes possuem um papel importante na nutrição da população destas zonas bem como um papel significativo na economia e ecologia local. Muitas das populações mais desfavorecidas a nível mundial usam insetos como base da sua alimentação e principal fonte de nutrientes essenciais, proteína, minerais e lípidos (Shockley & Dossey, 2014).

Por outro lado, em regiões onde predomina a cultura ocidental como o Norte da América e a Europa, o tabu encontra-se ainda instalado (Shockley & Dossey, 2014). Não obstante, recentemente a ideia de entomofagia tem sido considerada por muitas pessoas como uma prática diferente, interessante e exótica podendo ser este o ponto de viragem de uma ideia pré-concebida (Shockley & Dossey, 2014).

Atualmente, em África estimam-se serem consumidas cerca de 524 espécies diferentes de insetos ao longo de 36 países, na Ásia 349 ao longo de 29 países, na Região do Pacífico cerca de 152 espécies ao longo de 14 países e na Europa 41 espécies ao longo de 11 países, num total de cerca de 2000 espécies consumíveis de insetos (Raubenheimer & Rothman, 2012). Vários estudos mencionados por Raubenheimer e Rothman (2012) revelam que mais de 50% da proteína animal consumida em África provem de insetos (Raubenheimer & Rothman, 2012).

Em muitas destas regiões, os insetos são especialmente importantes durante os períodos nos quais os outros alimentos são escassos ou de difícil acesso. Isto acontece, por exemplo, em África onde a época das chuvas no inverno dificultam a caça ou a pesca. Na Ásia, hoje em dia, a expansão da entomofagia resulta de um processo de migração. Por exemplo na Tailândia este hábito há muito que se verifica na parte norte do país, mas com as movimentações para regiões mais turísticas (sul do país) já se verifica esta prática em cidades como Bangkok. Na América latina, mais precisamente no México, os indígenas possuem um grande conhecimento sobre as espécies que habitam os seus territórios, tanto animais como vegetais. Isto proporciona-lhes a vantagem de conhecer bem o ciclo de vida dos insetos, tendo-os “calendarizado” de acordo com outros fenómenos da natureza. Permite-lhes coletar as diferentes espécies

no momento exato em que são mais abundantes e nutritivas substituindo outros alimentos que possam escassear (Huis, et al., 2013).

Huis et al (2013) conclui que a frequência e a quantidade consumida de insetos variam consoante três fatores: condições climáticas, oportunidade de subsistência por outras vias e gosto pessoal (Huis, et al., 2013).

Segundo o laboratório de entomologia da Universidade de Wageningen, a espécie de insetos mais consumida em todo o mundo são os escaravelhos, dos quais fazem parte os *Sitophilus*. Na Figura 1 pode observar-se o consumo mundial de insetos por região e número de espécies consumidas. Já na Figura 2, observa-se o tipo de insetos que são consumidos. Destaca-se cerca de 634 espécies diferentes de escaravelhos, seguidos pelas lagartas de *Lepidópteros*. No *website* deste mesmo laboratório<sup>3</sup> está disponível uma lista de todos os insetos consumidos pelo homem, especificando a espécie, género, família e ordem bem como o nome comum, a distribuição geográfica e fase do ciclo de vida em que são habitualmente consumidos (Wagenigen UR, 2015).

---

<sup>3</sup> Link de acesso: <http://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology.htm>

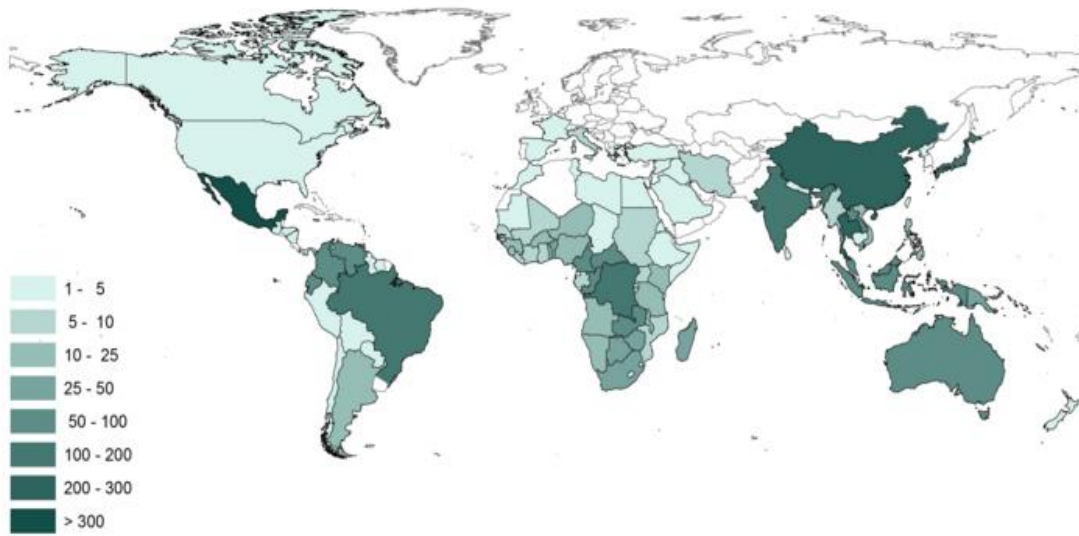


Figura 1 - Mapa mundial do consumo de insetos por região e número de espécies consumidas

Fonte: (Wagenigen UR, 2015)

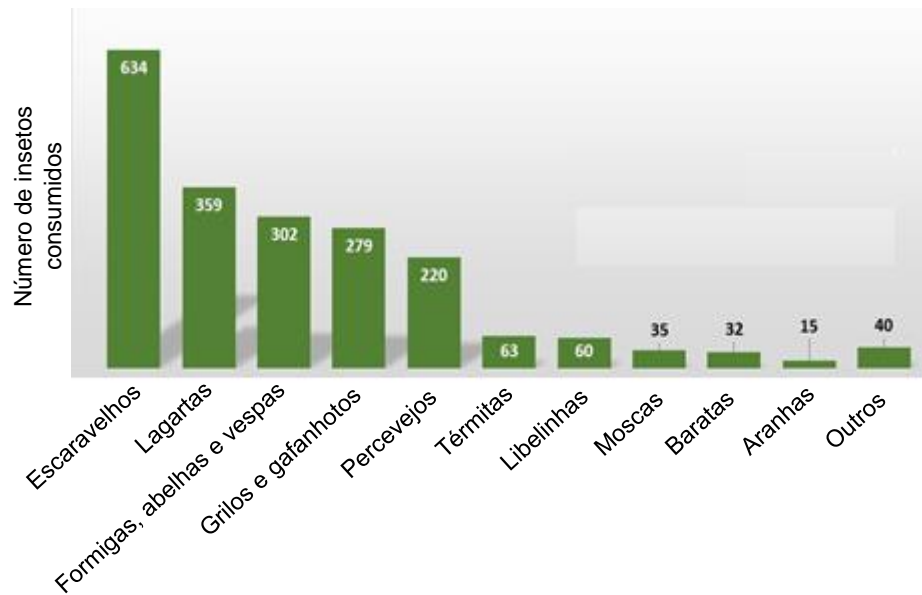


Figura 2 - Número de insetos consumidos no mundo por tipos, relativo a dados de 2015

Fonte: Adaptado de (Wagenigen UR, 2015)

## 2.4 Entomofagia segundo a legislação europeia

Os novos alimentos, introduzidos na Europa, passam por um rigoroso processo de avaliação e aceitação. A introdução de novos produtos alimentares é regida por um conjunto de normas previstas pela EFSA<sup>4</sup> e pela legislação de cada país.

Pela interpretação do Reg.178/2002<sup>5</sup> pode concluir-se que, para além da confirmação de que o produto alimentar não representa qualquer risco para a saúde humana e a transparência relativa à composição do produto apresentado, não parece existir qualquer imposição relativa à introdução de produtos entomófagos no mercado europeu.

O responsável pela colocação do produto no mercado deverá submeter um relatório dirigido ao Estado-membro e a Comissão segundo o Reg.258/97<sup>6</sup>. Refere-se também, no mesmo regulamento, que *“Considerando que, sem prejuízo dos outros requisitos da legislação comunitária relacionados com a rotulagem de géneros alimentícios, devem ser previstos requisitos específicos adicionais de rotulagem (...) que existem determinados grupos da população, associados a práticas alimentares bem definidas, que devem ser informados da presença num novo alimento de substâncias que não se encontrem no género alimentício equivalente já existente, sempre que esse facto suscite a esses grupos reservas de ordem ética (...)”*. Esta passagem revela a obrigatoriedade da referência à incorporação de insetos no produto alimentar de forma clara e visível uma vez que, a entomofagia, se trata de uma prática ainda não aceite como normal na comunidade europeia (Belluco, et al., 2013).

No entanto, e também segundo Belluco et al (2013) os insetos podem inserir-se no ponto e) do artigo 1º do referido regulamento que diz *“Alimentos e ingredientes alimentares que consistam em ou tenham sido isolados a partir de plantas e ingredientes alimentares isolados a partir de animais, excepto os alimentos e ingredientes alimentares obtidos por meio de práticas de multiplicação ou de reprodução tradicionais, cujos antecedentes sejam seguros no que se refere à utilização como géneros alimentícios”*. Belluco et al (2013) considera esta adequabilidade visto que os hábitos entomófagos se verificam em várias populações como sendo uma prática ancestral segura e benéfica.

---

<sup>4</sup> European Food Safety Authority

<sup>5</sup> Regulamento (CE) nº178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de janeiro de 2002 que determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios

<sup>6</sup> Regulamento (CE) nº258/97 do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 1997 referente a novos alimentos ou ingredientes alimentares

A EFSA elaborou e publicou um relatório, em 2015, relativo à entomofagia revelando a sua posição relativamente a este tema, proporcionando, aos países da Europa, uma noção científica sobre os respetivos riscos biológicos, microbiológicos, químicos e alergénicos. Apesar disso, são referidas vantagens ao consumo de insetos. A opinião baseou-se na comparação do potencial de ocorrência de certos perigos alimentares nos insetos não processados relativamente a outros produtos de origem animal (EFSA Scientific Committee, 2015).

De forma geral, a EFSA, enumera inúmeras incertezas que precisam de ser clarificadas e estudadas antes de se poder afirmar com confiança sobre a segurança do consumo de insetos. Apesar disto, são apontadas algumas conclusões como:

- O substrato utilizado na produção de inseto, bem como os cuidados de higiene, influencia fortemente a microbiologia presente;
- No entanto, quando utilizados alimentos autorizados e seguros para animais como substrato para a produção de insetos, a possibilidade de ocorrência de um perigo microbiológico é comparável com a probabilidade de ocorrência do mesmo noutras fontes de proteína animal;
- Bactérias patogénicas como *Salmonella*, *Campylobacter* e *E. coli verotoxigenica* podem estar presentes em insetos não processados dependendo do substrato utilizado na produção. No entanto, esta probabilidade de ocorrência talvez seja igual à probabilidade noutras fontes de proteína animal quando nas mesmas condições de produção;
- Os vírus patogénicos que podem ocorrer em insetos não o são para o homem ou qualquer animal vertebrado. No entanto, vírus patogénicos para vertebrados podem usar os insetos como vetores. Esta situação pode ser mitigada com a congelação ou confeção dos insetos;
- A transmissão de parasitas pode ser evitada pela congelação ou confeção dos insetos;
- Relativamente à ocorrência de priões de mamíferos, estes não conseguem replicar-se nos insetos não sendo possível, então, que estes atuem como vetores biológicos e de propagação. No entanto podem funcionar como vetores mecânicos dependendo, mais uma vez, dos substratos utilizados e se estes contêm ou não proteínas de origem animal. De forma geral, utilização de substratos que não contenham dejetos humanos ou de ruminantes não constituem perigo;

- Quanto à bioacumulação de substâncias químicas não existe informação suficiente para se chegar a uma conclusão, mas pensa-se que poderá ser comparável a outras espécies animais já consumidas;

A EFSA chegou, então, à conclusão, que grande parte do perigo relacionado com o consumo de insetos depende do substrato onde se encontram, se este contém ou não proteínas de origem humana ou de ruminantes, da fase do ciclo de vida na qual são consumidos e, da preparação antes do consumo (EFSA Scientific Committee, 2015).

Relativamente à posição de Portugal sobre esta questão, não existe, até à data, grande documentação que registe o hábito entomofágico, e a posição geral da população sobre o tema. Isto deve-se ao facto deste não se encontrar presente na cultura do país e dos pequenos focos de pesquisa sobre o tema ainda serem muito precoces. Conhece-se o projeto, DelightBugs, realizado em Vila Nova de Famalicão que tinha como objetivo a produção de farinha de grilo para posterior incorporação em alimentos (Barbosa, 2015).

## **2.5 Perdas relacionadas com pragas de insetos**

A ordem *Coleoptera* inclui as pragas mais importantes e mais comuns nos cereais, responsáveis por uma perda muito significativa nos produtos armazenados. Por sua vez, uma das famílias que representa as pragas mais destrutivas é a *Curculionidae* a qual inclui os *Sitophilus*. Nos trópicos as condições ambientais são bastante favoráveis para o desenvolvimento destas pragas. A temperaturas de 27 a 30°C, humidades relativas de 70 a 90% e com substratos apropriados é registado um aumento das perdas por *Sitophilus* de cerca de 25 vezes (FAO, 1985).

Na Europa-28, a área agrícola utilizável ocupada pela produção de cereais é de cerca de 59,8%. Em 2014 estimou-se uma produção de cereais de cerca de 334,2 milhões de toneladas, aproximadamente 13% da produção mundial. Nesta estatística, Portugal contribuiu com aproximadamente 1 milhão de toneladas (Eurostat, 2016). Em Portugal a produção agrícola de cereais nomeadamente de milho, para o ano de 2014, numa superfície agrícola de 107642 ha foi de 896994 ton (INE, 2015). A maior produção pertence à França com 79 milhões de toneladas, cerca de 21,8% da produção total (Eurostat, 2016).

Por outro lado, em 2013 a utilização de pesticidas foram de cerca de 360 mil toneladas sendo Espanha o país que regista o maior consumo (19.5%). Dentro deste, os inseticidas representam cerca de 3%, ou seja, aproximadamente mil toneladas (Eurostat, 2016). Dentro dos inseticidas, 7% destes são aplicados no tratamento de culturas de milho (Comissão Europeia, 2000). Os mais utilizados, de uma forma geral,

são os organofosfatos e o carbamato, relativamente a classes químicas (Eurostat, 2007).

Organofosfatos e carbamato são toxinas para insetos e mamíferos devido à sua capacidade de inibir a enzima acetilcolinesterase (AChE). É responsável pela rápida degradação do neurotransmissor acetilcolina (ACh) nos seus produtos inativos, colina e ácido acético. A ACh é um dos neurotransmissores mais importantes, a enzima funciona então como regulador deste, reduzindo a sua concentração da mesma. Quando a AChE é inibida, a ACh permanece a níveis elevados e existe constante estimulação dos nervos e músculos. Isto resulta na exaustão ou tetania do organismo e, finalmente, na falência. Elevadas perdas no cultivo de cereais são verificadas devido, entre outras causas, a pragas de insetos (Fukuto, 1990).

## **2.6 Vantagens da prática da entomofagia**

O aumento e desenvolvimento rápido da urbanização está a criar alterações na procura por alimentos. A riqueza de cada país determina o seu consumo de proteína animal e a procura crescente tem sido um desafio para a indústria alimentar. A cada ano nascem 70 milhões de pessoas no mundo e morrem cerca de 50 milhões. Estima-se que em 2050 a população mundial ronde os 9 mil milhões de indivíduos (Huis, et al., 2013).

Os humanos, só por si, consomem mais de 40% da biomassa da terra e as reservas de alimentos atingiram o mínimo dos últimos 50 anos, contrariamente à procura, que deverá aumentar cerca de 50% até 2030 (Shockley & Dossey, 2014).

Os fatores de conversão alimentar são importantes pois uma procura constante de proteína animal irá causar uma procura proporcional de proteína vegetal. Este fenómeno deve-se ao aumento dos preços das colheitas que são diretamente aplicadas na alimentação dos animais de produção o que faz com o que o valor dos mesmos aumente consequentemente. Estima-se que até 2050 os preços de carne de bovino, suíno e aves aumente cerca de 30% comparativamente ao ano de 2000. Esta situação é agravada pelas alterações climáticas que faz com que os preços subam 18 a 21% (Huis A. v., 2012)

Os insetos são particularmente interessantes devido à sua vasta diversidade. São estimadas cerca de 7 a 30 milhões de espécies diferentes que ocupam uma parte considerável dos habitats terrestres. Muitos são considerados pragas para a agricultura, horticultura, florestação, armazenamento de alimentos, e a sua integridade e bem-estar animal e humano. No entanto os insetos desempenham diversas funções nos dias de hoje não só na produção de, por exemplo, seda ou mel, mas também como fonte de alimento em vários pontos do planeta (Schabel, 2010).

Os argumentos a favor desta prática são diversos: benefícios nutricionais, redução da fome e da deficiência em proteína animal, assim como preservação de recursos para gerações posteriores, incentivos para evitar o uso de pesticidas e a conservação da flora e fauna que é afetada por estes (Schabel, 2010).

Na perspectiva de muitos autores, a hipótese de inserção de insetos na alimentação base das populações tem duas perspectivas: a dos países desenvolvidos e a dos países em desenvolvimento. Para ambos existem vantagens claras em adotar a referida prática. No lado dos países desenvolvidos esta mostra-se benéfica em relação a questões ambientais e de bem-estar animal, sendo que nos países em desenvolvimento favorece a segurança alimentar face ao crescimento populacional acelerado (Belluco, et al., 2013). Shockley e Dossey (2014) afirmam que os insetos podem ser produzidos de forma mais sustentável com uma menor pegada ecológica (Shockley & Dossey, 2014).

### **2.6.1 Benefícios ambientais**

Premalatha *et al* (2011) aponta os gastos monetários que todos os anos se realizam com a utilização de pesticidas em culturas de cereais, que não possuem mais do que 14% de proteína vegetal, para eliminar pragas que podem ter valores de até 75% de proteína animal de elevada qualidade (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011).

Usar os insetos para nosso benefício passa por utilizar de forma estratégica as pragas sazonais abundantes. Este método de controlo de pragas torna-se mais limpo, seguro e sustentável que a utilização convencional de pesticidas. São apontadas três vantagens principais na utilização desta técnica: 1) obtenção de um subproduto da produção vegetal; 2) redução no custo económico da produção relativa ao controlo de pragas; 3) Redução do risco de contaminação do solo e água (Shockley & Dossey, 2014). Poderia optar-se, então, por proteína animal de baixo custo e com menor impacto a nível de poluição, destruição de habitats e escassez de recursos naturais (Shockley & Dossey, 2014).

Nos países desenvolvidos, a elevada industrialização e a densidade populacional, participam largamente na pegada ambiental. Uma das indústrias mais poluentes é a produção do ramo agrícola, como descrito pela WWF. Os químicos usados não só degradam os solos alvo como são arrastados para outros e, devido à lixiviação, são arrastados para cursos de água subterrâneos e de superfície contribuindo assim para a poluição de diversos ecossistemas (Gunther). Quando comparadas, a atividade agrícola mais poluente é a da produção de arroz. Esta é responsável por parte da poluição de solos, atmosfera e recursos hídricos. Com a crescente procura por este cereal a produção tem vindo a crescer, aumentando conseqüentemente a sua pegada ecológica

(Yaqubi, Shahraki, & Sabouni, 2016, Almeida, 2013). Esta situação põe em risco a sustentabilidade futura da agricultura (The World Bank, 2008).

O aumento constante da produção agrícola para suprir as necessidades da população reflete-se nos ecossistemas na perda de biodiversidade e da qualidade das águas. Resíduos de pesticidas são encontrados nos alimentos, atmosfera, precipitação seca e húmida e águas subterrâneas e de superfície. Estes efeitos e resíduos podem ser diminuídos com a implementação de boas práticas agrícolas e a redução no uso de químicos através do manejo integrado das pragas (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011). A agricultura tem sido a atividade humana que mais tem experienciado a expansão e um desenvolvimento persistente. E esta expansão e desenvolvimento tem tido impacto visível na biodiversidade através de ecodegradação. O dano na biodiversidade tem dado lugar a um fenómeno chamado "*insect pest*" que surgiu pela repetição das condições favoráveis à sobrevivência e ampliação de determinadas espécies de pragas em detrimento da eliminação de outras pelos pesticidas (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011).

Com o aumento contínuo da população, se o sector agrícola permanecer evolutivamente estagnado, as emissões de gases com efeito de estufa irão aumentar bem como a desflorestação e degradação do ambiente (Huis, et al., 2013). Na Quadro 1 apresentam-se as principais consequências da agricultura intensiva relativamente a efeitos locais, externos e globais, ou seja, os efeitos causados *in situ*, efeitos nos ecossistemas que se encontram exteriormente e rodeiam a área em questão e os efeitos sentidos a uma escala global (The World Bank, 2008).

Em 2012, as atividades agrícolas contribuíram com 470 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, 198 ton de CH<sub>4</sub> e 271 ton de N<sub>2</sub>O. Em 2013, só na Europa-28 foram produzidas 3591 mil toneladas de amónia. Apesar destes valores se encontrarem a decrescer, ainda estão perigosamente elevados (Eurostat, 2016).

As emissões de gases com efeito de estufa pela indústria de produção animal, incluindo transporte e alimentação, participam em cerca de 18% para as emissões globais. Os dois principais gases com efeito de estufa (CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) são libertados pelas fermentações entéricas e estrume e pelos fertilizantes e estrume respetivamente. Relativamente às emissões de CO<sub>2</sub>, um quilograma de carne de bovino representa o maior impacto, seguido de um quilograma de carne de suíno e posteriormente de aves. Assim na produção de um quilograma de carne de bovino são libertados, em média, 14.8 kg, os suínos 3.8 kg e as aves 1.1 kg de CO<sub>2</sub>. No caso da libertação de amónia para o meio ambiente, responsável pela eutrofização dos cursos de água e acidificação dos solos, a agricultura detém quase toda a responsabilidade, da qual 2/3 vai corresponder à produção animal (Huis A. v., 2012).

As produções de gases com efeito de estufa e amónia estão representadas na Figura 3 e 5 em que a esta na produção de insetos é comparada à mesma na produção de suínos e bovinos. Na Figura 4 encontra-se a produção de amónia por parte de três tipos distintos de insetos comparativamente aos suínos. Já na Figura 5 surge, então, a produção de gases na produção de três tipos distintos de insetos comparativamente à produção de suínos e bovinos. (Huis, et al., 2013).

Quadro 1 - Efeitos da agricultura intensiva nos ecossistemas a nível local, externo e global

	<b>Efeitos locais</b>	<b>Efeitos Externos</b>	<b>Efeitos Globais</b>
<b>Agricultura Intensiva (áreas de alto potencial)</b>	Degradação do solo (salinidade, perda de matéria orgânica)	Enfraquecimento dos lençóis freáticos; poluição por agroquímicos; perda de biodiversidade (natural e agrícola)	Emissão de gases com efeito de estufa; doenças animais; perda <i>in situ</i> de diversidade do cultivo e da genética animal

Fonte: Adaptado de (*The World Bank, 2008*)

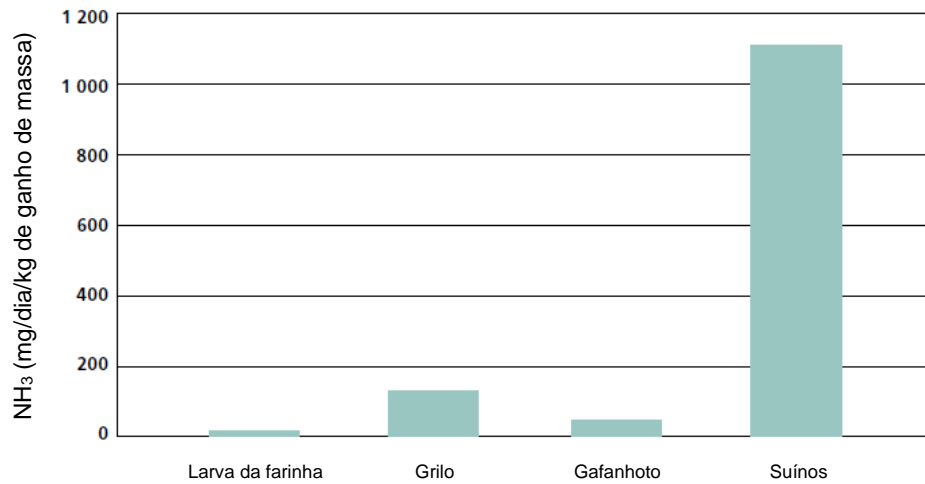


Figura 3 – Emissões de NH<sub>3</sub> em mg/dia/kg ganho de massa na produção de larva da farinha, grilo, gafanhoto e suínos

Fonte: Adaptado de (Huis, et al., 2013)

Como se verifica pela Figura 5 e também como referido por Premalatha *et al* (2011) na produção de grilos verifica-se a menor emissão de gases com efeito de estufa o que confere à mesma uma pegada ecológica bastante baixa (Huis, et al., 2013).

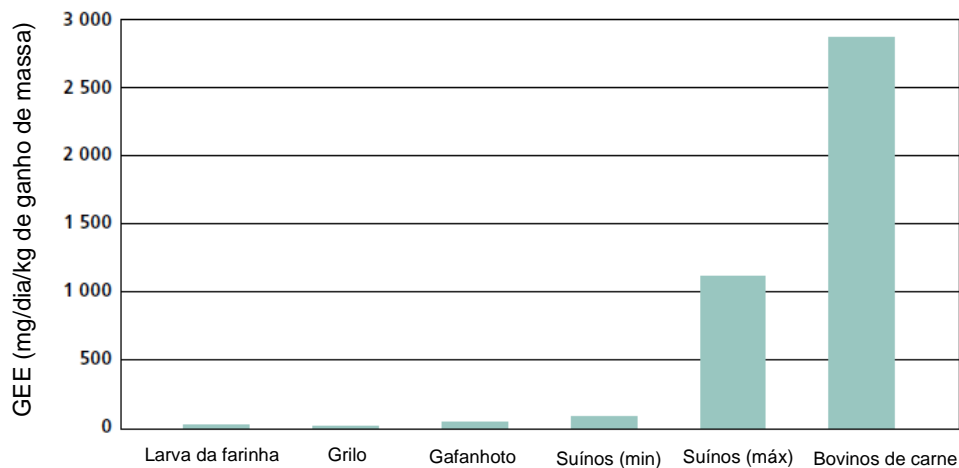


Figura 4 – Emissões de gases com efeito de estufa (GEE) em mg/dia/kg peso ganho em massa de larvas da farinha, grilo, gafanhoto e suínos

Fonte: Adaptado de (Huis, et al., 2013)

Na Figura 5 pode-se observar os valores máximos e mínimos na produção de larvas da farinha, leite, suínos, aves e bovino relativamente à produção de gases com efeito de estufa, energia e área necessária à produção. Dos três parâmetros apenas a energia se mostra mais elevada nas larvas quando comparada com uma das outras produções, neste caso a produção de leite. Nos restantes dois parâmetros os valores associados às larvas são mais baixos, especialmente quando comparados com a produção de bovinos (Huis, et al., 2013).

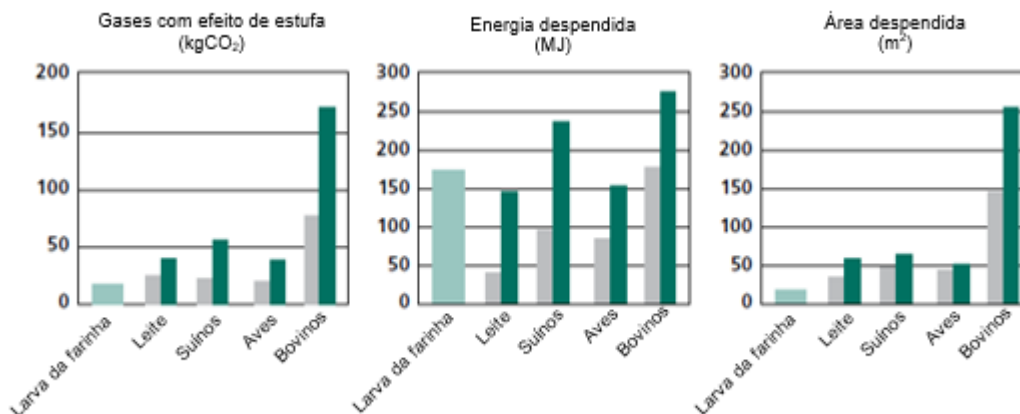


Figura 5 - Produção de gases com efeito de estufa, energia e área de terra necessária para a produção de larvas da farinha, leite, suíno, aves e bovinos em kg CO<sub>2</sub>, MJ e m<sup>2</sup> respetivamente. A barra cinzenta representa os valores mínimos e a barra verde escura os máximos

Fonte: Adaptado de (Huis, et al., 2013)

Os produtos dos cereais, tal como muitos outros, são armazenados em silos onde existem condições perfeitas para as pragas atacarem contribuindo para perdas em larga escala (Rajendran & Srinanjini, 2008). As medidas de controlo dos produtos armazenados têm como base o uso de inseticidas líquidos e gasosos, os quais representam possíveis perigos ambientais e para os animais e humanos (RAJENDRAN, S. and Srinanjini, V., 2008; BELL, C. H., 2000). Os fumigantes são compostos químicos utilizados para a desinfestação ou prevenção destas pragas dos produtos armazenados. Atualmente, o fumigante mais utilizado é a fosfina. Durante muito anos também se utilizou o brometo de metilo, mas foi indicado pelo protocolo de Montreal, em 2005, como perigoso para a camada de ozono (Bell, 2000). Devido ao uso excessivo destes, os consumidores cada vez mais exigem alimentos sem vestígios de inseticidas sintéticos (Fields).

Assim o consumo de cereais com inseto pode também contribuir para a preservação do ambiente bem como da saúde animal e humana e a produção de produtos mais naturais.

### 2.6.2 Benefícios de produção

A produção de insetos, em detrimento da produção de animais de grande porte, comporta diferenças inerentes às características dos mesmos. Os insetos são poiquilotérmicos, portanto muito menos energia é despendida na termorregulação e conseqüentemente tornam-se muito mais eficazes na transformação de fitomassa em zoomassa<sup>7</sup>. Assim uma grande quantidade de proteína animal é produzida por quilograma de fitomassa, ou seja, têm um elevado fator de conversão (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011).

Apresenta-se, na Quadro 2, o resumo das características anteriormente mencionadas. Em média, por cada quilograma de proteína animal produzida são necessários, aproximadamente, 6 quilogramas de proteína vegetal. Estudos revelam que o fator de conversão alimentar para bovinos é de 10, para suínos de 5 e para aves de 2.5. Por outro lado, a massa comestível destes animais é de 40% para bovinos e 55% para suínos e aves. Já nos grilos, por exemplo, mesmo removendo o citoesqueleto resulta em cerca de 80% de massa comestível (Huis A. v., 2012).

Uma das características mais mencionadas dos insetos é a elevada percentagem de proteína, no entanto, este fator não é assim tão determinante para os diferenciar de outras fontes de proteína animal. Por exemplo, os bovinos, suínos e aves têm cerca de 200, 150 e 190 g de proteína por quilograma de massa comestível, respectivamente, enquanto os insetos podem ter entre 154 e 205 g (Huis A. v., 2012). Portanto, aquilo que os diferencia não é tanto a quantidade de proteína mas a sua qualidade. Para além disto, os insetos têm também a vantagem de possuir uma grande variabilidade, fecundidade e taxa de crescimento com ciclos de vida curtos que lhes permitem uma reprodução exponencial (Shockley & Dossey, 2014, Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011).

---

<sup>7</sup> Fitomassa representa massa de estruturas vegetais enquanto zoomassa representa massa de estruturas animais (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011)

Quadro 2 - Quadro resumo relativo aos fatores de conversão de animais de produção em kg, percentagem de porção comestível e respetivo alimento necessário em kg

	<b>Grilos</b>	<b>Aves</b>	<b>Suíños</b>	<b>Bovinos</b>
<b>Fator de conversão alimentar (kg)</b>	1.7	2.5	5	10
<b>Porção comestível (%)</b>	80	55	55	40
<b>Alimento necessário (kg)</b>	2.1	4.5	9.1	25

Fonte: Adaptado de (Huis A. v., 2012)

Na Figura 6, onde é apresentada a eficiência de produções convencionais comparativamente à produção de grilos. Verifica-se que para cada quilograma de massa corporal comestível existe uma pequena quantidade de alimento disponibilizado associado quando comparado com animais de grande porte, como os bovinos.

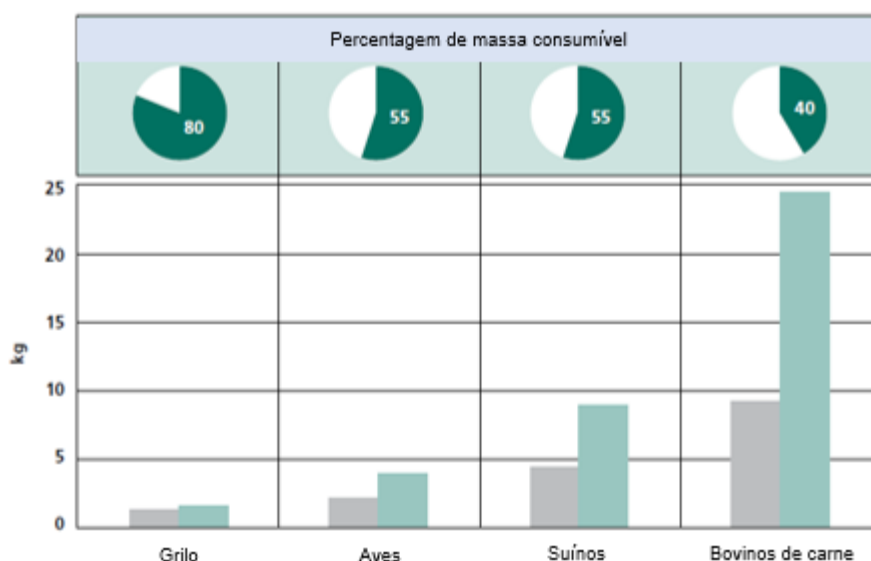


Figura 6 - Eficiência de produção de sistemas convencionais comparativamente a sistemas de produção de grilos. A barra cinzenta representa a quantidade de alimento necessário para obter 1kg de massa comestível enquanto a barra verde representa a quantidade de alimento necessário para obter 1kg de massa comestível enquanto a barra verde representa a quantidade de alimento necessário para obter 1kg de peso vivo. Os gráficos circulares representam a percentagem de massa passível de ser consumida

Fonte: Adaptado de (Huis, et al., 2013)

Pode ainda apontar-se a vantagem de, como os insetos são taxonomicamente mais distantes dos humanos que os restantes animais habitualmente produzidos para consumo, os riscos de transmissão de zoonoses são muito mais baixos (Huis A. v., 2012).

Relativamente ao consumo de água, a utilização para suprir as necessidades por parte dos animais de produção bem como rega das culturas agrícolas é bastante significativa, por exemplo, para produzir um quilograma de carne de bovino é requerido cerca de 22000 litros de água (Huis A. v., 2012).

Assim, resumidamente, relativo à eficiência de produção, pode afirmar-se que:

- Podem ser produzidos em desperdícios orgânicos ou restos da produção agrícola como restolho;
- Baixa produção de gases com efeito de estufa bem como de amónia responsável pela acidificação dos solos e água;
- Necessitam de uma menor quantidade de água comparativamente a outros animais;
- O bem-estar animal é uma questão relativamente simples uma vez que os insetos vivem naturalmente em grandes grupos, espaços pequenos ou à base de compostos orgânicos que à partida seriam desperdícios;
- Os insetos considerados comestíveis possuem um baixo risco de transmissão de zoonoses ao contrário das carnes habitualmente consumidas.

### **2.6.3 Benefícios nutricionais**

A expressão “qualidade proteica” implica que o alimento tenha certos aminoácidos (aa) em proporções adequadas e que sejam facilmente digeríveis pelo organismo que os consome (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011). Pode ser medida de várias formas distintas, mas trata-se, no seu amago, do rácio entre aas disponíveis nos alimentos e as necessidades do consumidor, relativas aos mesmos. Ou seja, se o rácio for 1,0 significa que as necessidades estão totalmente suprimidas. Para a carne este rácio ronda os 0,75 enquanto para plantas ronda os 0,5 a 0,6, quando se fala de nutrição humana (FAO , 1992).

O conceito de digestibilidade proteica está associado ao balanço de aminoácidos que são absorvidos no intestino, baseia-se no princípio de que o balanço entre ganhos e perdas de azoto mede a digestão e absorção da proteína, embora este não seja assim tão linear (WHO, 2007).

O último parâmetro a ser considerado para classificar o valor biológico de uma proteína é o rácio entre as essenciais e não essenciais. Este tem que rondar os 0,6 segundo a FAO/WHO/UNU (Belluco, et al., 2013).

Para o Homem, a proteína vegetal é considerada de pior qualidade quando comparada com a proteína animal devido aos aa presentes nas plantas e à capacidade de absorção dos mesmos. A carne contém elementos básicos para a saúde do ser humano como as essenciais, ácidos gordos essenciais, vitamina B12, riboflavina (ou vitamina A) e diversos minerais. Uma dieta estritamente vegetal tem implicações comprovadas no desenvolvimento cognitivo e físico (Shockley & Dossey, 2014).

Para adultos a recomendação estabelecida, pelo conselho especialista realizado bianualmente pela FAO/WHO/UNU, relativo ao consumo de proteína ronda os 0.75 g/kg/dia (Schabel, 2010). Nos países desenvolvidos existe um maior consumo per capita de proteína (96 g/habitante/dia) em contraste com o consumo nos países em desenvolvimento (56 g/habitante/dia). Para além disto, nos países desenvolvidos 65% desta proteína consumida é de origem animal enquanto nos países em desenvolvimento este valor é de apenas 15%. Isto torna importante a promoção da entomofagia nestes países pois um em cada seis habitantes morre devido à fome ou subnutrição (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011).

Atualmente são considerados nove as essenciais para o ser humano: lisina, leucina, isoleucina, valina, treonina, fenilalanina, triptofano, metionina e histidina. Este último, embora ainda exista controvérsia na decisão, é considerado aa essencial por causa dos efeitos de diminuição na concentração de hemoglobina que foram observados em indivíduos alimentados com dietas sem histidina (WHO, 2007).

Segundo Longvah *et al* (2011), os insetos, relativamente ao seu peso seco, têm valores muito elevados de proteína bruta e são excelentes fontes de as essenciais. No geral, insetos tendem a ser pouco ricos em as que contenham enxofre, mas, por outro lado, são muito ricos em lisina e treonina os quais estão presentes numa quantidade muito reduzida nos cereais (Longvah, Mangthya, & Ramulu, 2011). No Quadro 8 apresentam-se os valores de ingestão diários recomendados de as essenciais para humanos adultos saudáveis.

De uma forma geral, nas larvas da ordem *Coleoptera* pode ser encontrado cerca de 23 a 66% de proteína, sendo cerca de 10 a 30% as essenciais (Xiaoming, Ying, Hong, & Zhiyong, 2010) (Belluco, et al., 2013). A proteína dos insetos é extremamente digerível, cerca de 77 a 95% embora alguns insetos tenham elevados valores de quitina devido ao exosqueleto o que diminui a percentagem de proteína (Belluco, et al., 2013).

Um estudo referido por Premalatha *et al* (2011), em oito espécies de insetos consumidos na Índia, concluiu que os insetos representam uma fonte muito barata de proteína animal

e o seu consumo devia ser encorajado devido à maior parte da população não conseguir suportar os custos de outras fontes de proteína como carne ou peixe (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011).

Relativamente a ácidos gordos essenciais, estes são definidos, tal como os aminoácidos, por ácidos gordos que o organismo por si só não consegue sintetizar. Para o Homem são considerados dois EFA: Ácido linoleico ou ómega-6 (18:2n-6) e ácido linolénico ou ómega-3 (18:3n-3) (Belluco, et al., 2013).

Durante as fases de larva e pupa são registados a maior percentagem de ácidos gordos, podendo atingir níveis de ómega 3 que vão desde os 10% aos 30% (Belluco, et al., 2013) (K.E.Ekpo, A.O.Onigbinde, & I.O.Asia, 2009).

Quando comparadas diversas espécies de insetos verifica-se que os ácidos gordos mais presentes são C16:0 e C18:1. Por exemplo, o *tenebrio molitor* (*Coleoptera: Tenebrionidae*). Os ácidos gordos presentes em maior quantidade são o Palmítico (C16:0), Oleico (C18:1) e o Linoleico (C18:2), sendo que os C18 se encontram em maior quantidade que os C16 (Yang, Siriamornpun, & Li, 2006) (Raksakantong, Meeso, Kubola, & Siriamornpun, 2010).

Os insetos são também excelentes fontes de Fe e Zn que são dois dos minerais mais importantes para uma nutrição saudável, podendo ser usados para compensar baixos níveis destes minerais nas dietas, principalmente de grávidas (Belluco, et al., 2013).

Quanto a hidratos de carbono, os insetos são especialmente pobres nestes elementos sendo o valor mais elevado encontrado na fase adulta num inseto quitinizado. A quitina é um polímero de N-acetil glucosamina muito parecido com o polissacárido celulose encontrado nas plantas (Hayes & Laudan, 2009). Alguns estudos têm vindo a provar que o ser humano possui quitinases no seu suco gástrico, principalmente os povos que integram na sua dieta o consumo de insetos, o que pode ajudar na digestão de organismos como estes, que 5 a 20% do seu peso seco é representado por este polissacárido (Xiaoming, Ying, Hong, & Zhiyong, 2010) (Paoletti, Norberto, Cozzarini, & Musumeci, 2009).

O nível calórico que pode ser obtido por 100 g de insetos é de 776 kcal, ultrapassando o valor referente à soja, milho ou até mesmo carne de bovino (Schabel, 2010) (Xiaoming, Ying, Hong, & Zhiyong, 2010). Estudos apontados por Premalatha *et al* (2011) revelam que de 94 espécies de inseto estudadas 50% possuem um valor calórico superior ao da soja, 87% um valor superior ao do milho, 63% ao da carne de bovino e 70% ao do peixe, lentilhas ou feijões (Premalatha, Abbasi, Abbasi, & S.A., 2011).

De acordo com alguns autores, existem três benefícios principais no consumo de insetos: (1) fonte de proteína animal em zonas onde é difícil a criação de gado; (2) preparação de RUTF's (*Ready-to-use therapeutic foods*); (3) controlo de pragas sem

recurso a pesticidas (Shockley & Dossey, 2014) (Wagh & Deore). Este último relaciona-se com a pegada ecológica, no entanto, os outros dois benefícios enumerados refletem a potencialidade dos insetos no plano da nutrição humana.

Existem quatro tipos diferentes de RUFT, estas são usadas para casos de má nutrição, ou seja, sobre ou subnutrição. Estima-se que existam 195 milhões de crianças nestas condições em todo o mundo, às quais este alimento poderia ajudar (Shockley & Dossey, 2014) (Wagh & Deore). Para apoiar estes casos foram criadas, então, as RUTF's que são preparadas de forma a serem o único alimento consumido por um longo período de tempo. É recomendado que estas contenham pelo menos 25 a 33% de proteína animal, bem como uma elevada percentagem de lípidos para conferir energia, nomeadamente ácido eicosapentaenoico e decosahexanoico que pertencem à classe dos ómeegas 3 e 6. Por uma questão de custos e disponibilidade alimentar, as formulações destas refeições são feitas à base de soja, milho e outras formas vegetais, prensadas para criar biscoitos ou barras (Wagh & Deore). No entanto, estes nutrientes são frequentemente encontrados em alimentos como o salmão, mas também em muitas espécies de inseto. A entomofagia seria, talvez, uma mais-valia a ser introduzida na dieta de crianças com subnutrição severa, por exemplo. Produzir RUTF's a partir de insetos seria um procedimento muito mais barato e sustentável do que produzir a partir de outras fontes animais como o referido salmão (Shockley & Dossey, 2014).

Em adição a isto, apesar da maior parte dos insetos possuírem baixa quantidade de metionina e cisteína são ricos em lisina e treonina ao contrário dos cereais como trigo, arroz e milho, cereais estes que fazem parte da alimentação base de muitos povos. Por último, muitos insetos são particularmente ricos em tianina, riboflavina, retinol e betacaroteno (Shockley & Dossey, 2014). Todas estas características tornam esta forma de alimentação perfeita para a elaboração de RUTF's.

Outra situação onde os insetos podem ser de grande utilidade seria durante a gravidez, principalmente nos países onde as mulheres não têm acesso a uma alimentação muito variada. A deficiência em ferro traduz-se em anemias, reduzida atividade física e mortalidade fetal e os insetos são particularmente ricos neste mineral (Shockley & Dossey, 2014).

Quadro 3 - Teor Proteína, ferro, tiamina, riboflavina, niacina e energia em duas espécies de inseto bem como outros alimentos comumente consumidos (100g)

Porção (100g)	Energia (kcal)	Proteína (g)	Ferro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Fonte
Lagartas ( <i>Usata terpsichore</i> )	370	28.2	35.50	3.67	1.91	5.20	(Hayes & Laudan, 2009)
Escaravelho ( <i>Rhynchophorus phoenicis</i> )	562	6.7	13.10	3.02	2.24	7.80	
Carno de Bovino	122	20,9	1,4	0,10	0,16	4,6	(Instituto Nacional de Saúde Dr Ricardo Jorge, 2010)
Salmão	262	16,2	21,9	0,18	0,041	3,6	
Soja	378	32.8	8.0	1.2	0.49	1.8	
Milho	371	9.3	2.5	0.63	0.18	1.6	

Quadro 4 - Valores máximos, mínimos e médios de hidratos de carbono para quatro ordens diferentes de insetos (%)

Ordem	Proteína			Aminoácidos essenciais			N aminoácidos/ aminoácidos		
	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.	Méd.
<b>Lepidoptera</b>	68.30	14.05	44.91	25.60	4.45	13.92	47.23	26.65	40.35
<b>Coleoptera</b>	<b>66.20</b>	<b>23.20</b>	<b>50.41</b>	<b>28.17</b>	<b>4.45</b>	<b>17.13</b>	<b>50.49</b>	<b>26.65</b>	<b>42.79</b>
<b>Hemiptera</b>	73.52	42.49	55.14	22.18	14.73	18.65	42.72	34.77	38.41
<b>Homoptera</b>	57.14	44.67	51.13	21.92	12.38	16.34	41.21	35.42	38.42

Fonte: Adaptado de (Schabel, 2010)

Quadro 5 - Valores máximos, mínimos e médios de lípidos para quatro ordens de inseto diferentes (%)

Ordem	Lípidos		
	Máx.	Min.	Méd.
<b>Lepidoptera</b>	49.48	5.0	24.76
<b>Coleoptera</b>	<b>35.86</b>	<b>14.05</b>	<b>27.57</b>
<b>Hemiptera</b>	44.30	9.73	30.43
<b>Homoptera</b>	30.60	24.85	27.73

Fonte: Adaptado de (Schabel, 2010)

Quadro 6 - Valores máximos, mínimos e médios de lípidos para quatro ordens de inseto diferentes (%)

Ordem	Hidratos de carbono		
	Máx.	Min.	Méd.
<b>Lepidoptera</b>	16.27	3.65	8.20
<b>Coleoptera</b>	<b>2.82</b>	<b>2.79</b>	<b>2.81</b>
<b>Hemiptera</b>	4.37	20.4	3.23
<b>Homoptera</b>	2.80	1.54	2.17

Fonte: Adaptado de (Schabel, 2010)

Pode-se enumerar ainda o exemplo das formulações alimentares para astronautas, as chamadas BLSS (*Bioregenerative Life Support Systems*), usadas em viagens espaciais de longa duração. Os tripulantes necessitam de proteína animal e existem desperdícios vegetais que precisam de ser eliminados. Assim, uma das possibilidades mais viáveis seria a introdução de um sistema de produção de *Tenebrio molitor L*, por exemplo (Li, Zhao, & Liu, 2012).

Pode observar-se, no Quadro 3, a comparação entre duas espécies diferentes de inseto (*Rhynchophorus phoenicis* e *Usata terpsichore*), que se inserem, respetivamente, nas ordens *Lepidoptera* e *Coleoptera*, e tipos de carne ou plantas consumidas convencionalmente. Ambas as espécies apresentam valores iguais ou superiores em termos energéticos quando comparadas com as outras carnes e plantas, destacando-se o escaravelho com 562 kcal. Com exceção do milho e da espécie de escaravelho, os outros elementos comparados possuem sensivelmente a mesma quantidade de proteína. Destaca-se ainda a elevada quantidade do elemento ferro presente nas lagartas.

Nos Quadros 4, 5 e 6 apresentam-se as características nutricionais, em percentagem, de quatro ordens diferentes de inseto (*Lepidoptera*, *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Homoptera*) relativamente a proteína, lípidos e hidratos de carbono. Por comparação, pode-se afirmar que: a) relativamente à proteína a ordem *Coleoptera* é a que possui o segundo menor valor das quatro ordens comparadas, com cerca de 50% de proteína; b) quanto aos aas a ordem *Coleoptera* encontra-se novamente no segundo menor valor com cerca de 40%; c) Falando em aas essenciais a ordem *Coleoptera* passa para a segunda ordem com maior percentagem, cerca de 17%; d) Já nos lípidos esta volta a ter o segundo menor valor, embora todos os valores comparados sejam muito semelhantes, com cerca de 28%; e) por fim, nos hidratos de carbono a ordem *Coleoptera* situa-se outra vez no segundo menor valor com cerca de 3%.

No Quadro 7 estão representados os valores diários nutricionalmente recomendados para adultos entre os 31 e os 50 anos, referenciando hidratos de carbono, lípidos e proteína. Os mesmos foram referidos pelo *Medicine Institute*, na sua *Food and Nutritional Board* como sendo os ideais para manter um estilo de vida saudável. Como se pode observar, os valores de referência encontram-se indicados em gramas por dia, desta maneira pode-se elaborar um plano alimentar de forma a suprir as necessidades diárias quanto a estes nutrientes evitando assim a sobre ou subnutrição.

Quadro 7 - Valores de referência de hidratos de carbono, lípidos (nomeadamente ácido linoleico e linolénico) e proteína para adultos com idades compreendidas entre os 31 e os 50 anos (g/d)

	<b>Hidratos Carbono (g/d)</b>	<b>Lípidos (g/d)</b>	<b>Ácido linoleico (g/d)</b>	<b>Ácido linolénico (g/d)</b>	<b>Proteína (g/d)</b>
<b>Homem (31-50)</b>	130	ND	17	1,6	56
<b>Mulher (31-50)</b>	130	ND	12	1,1	46

Fonte: Food and Nutritional Board, Medicine Institute

Estes valores referência são guias para avaliar os alimentos, nutricionalmente, de forma a classifica-los como bons ou menos bons para a saúde e quão frequentemente (e em que quantidades) devemos consumi-los. Desta forma também os valores nutricionais dos insetos são comparáveis conseguindo assim inferior sobre a possível importância dos mesmos na nossa alimentação.

Quadro 8 - Ingestão recomendada de aas essenciais (mg/kg/dia)

<b>Aa essencial</b>	<b>Ingestão diária recomendada (mg/kg)</b>
Lisina	30.0
Leucina	39.0
Isoleucina	20.0
Treonina	15.0
Valina	26.0
Fenilalanina	25.0
Triptofano	4.0
Metionina	10.4
Histidina	10.0

Fonte: Adaptada de (WHO, 2007)

## 2.7 *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) como alimento humano

<b>Reino</b>	Animalia
<b>Filo</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordem</b>	Coleoptera
<b>Família</b>	Curculionidae
<b>Gênero</b>	<i>Sitophilus</i>
<b>Espécie</b>	<i>S. zeamais</i>

### 2.7.1 Caracterização, morfologia e ciclo de vida

*Sitophilus zeamais* Motsch., nome comum gorgulho do milho, caracteriza-se por ser um inseto de pequenas dimensões, alongado, de forma cilíndrica e cor castanha-avermelhada quando adulto, a cabeça é modificada num rostró característico da Família. Possui asas completamente desenvolvidas (posteriores membranosas e anteriores quitinizadas, “élitros”, a cobrir completamente o abdómen) e no tórax apresenta elevada densidade de perfurações uniformemente distribuídas e de forma arredondada, com exceção de uma zona regular e lisa que se estende a meio da parte dorsal superior tendo uma semelhança muito acentuada com *Sitophilus oryzae*. Na zona dorsal dos élitros, pode apresentar, ou não, quatro pintas de cor avermelhada ou amarelada como pode ser observado na Figura 7. (Jacobs & Calvin, 1988) (Canadian Grain Commission, 2013).



Figura 7 - Fotografia da parte dorsal de um *Sitophilus zeamais* adulto

Fonte: (Canadian Grain Commission, 2013)

O adulto mede cerca de 3 a 3,5 mm (Haines, 1991).

As fêmeas utilizam o seu aparelho bucal para perfurar o grão de milho e depositar o ovo no interior do endosperma. O ovo consiste numa estrutura leve, branca, de um tamanho muito reduzido. Deste eclode uma larva (Figura 8) com cerca de 2 mm, branca e ápada (sem membros locomotores). Posteriormente evolui para pupa (Figura 8) para emergir o adulto que perfura o grão para sair para o exterior. Trata-se de um inseto de metamorfose completa (Haines, 1991).



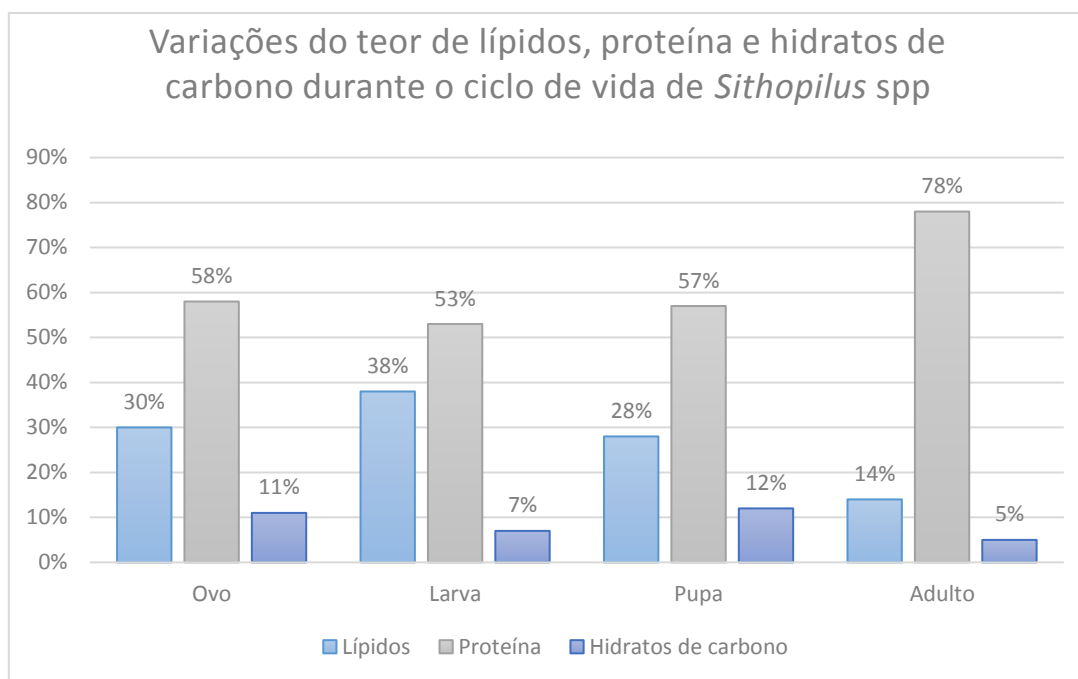
Figura 8 - Evolução ao longo do ciclo de vida de *Sitophilus zeamais*. Da esquerda para a direita: (1) larva; (2) pupa; (3) adulto

Estes gorgulhos são cosmopolitas, preferindo as regiões de clima tropical a subtropical, mas também em climas temperados. As infestações resultam de más de armazenamento ou transporte dos grãos. Sendo o seu clima ideal temperado este inseto reproduz-se rapidamente na Europa podendo existir até três gerações num ano. Segundo alguns autores, o gorgulho no arroz apenas se consegue desenvolver nos grãos já secos e armazenados, o gorgulho no milho desenvolve-se tanto em grãos armazenados como no campo (Tigar, et al., 1994<sup>a</sup>, Hodges, et al., 1998, Likhayo & Hodges, 2000). Podem-se identificar como sinais de infestação por parte deste inseto nos cereais a destruição dos grãos nomeadamente a presença de buracos e o aumento da temperatura e humidade dentro dos grãos o que causa deterioração (Canadian Grain Commission, 2013).

Relativamente ao seu ciclo de vida, esta espécie apenas se reproduz num grão com uma humidade relativa de mais de 9,5% e temperatura superior a 18°C. A fêmea adulta põe cerca de 200 ovos em toda a sua vida, a uma taxa de dois e três por dia dependendo da humidade e temperatura do meio. Cada grão suporta apenas um ovo e depois de o colocar dentro do endosperma do mesmo, a fêmea sela o grão com uma substância mucosa equivalente a saliva. A uma temperatura de 18 a 20°C os ovos eclodem ao fim de oito a 11 dias. Destes sai uma larva que se desenvolve no interior do grão alimentando-se do endosperma do mesmo. As larvas passam por quatro estádios de transformação finalmente resultando na pupa ao fim de, mais ou menos, seis a oito semanas. Os adultos emergem do grão após mais cinco a 16 dias e a sua esperança

média de vida é de cerca de nove meses (Haines, 1991). No Quadro 9 apresentam-se as percentagens relativas a hidratos de carbono, lípidos e proteína nas diferentes fases do ciclo de vida de *Sitophilus*. Na fase larvar é onde se encontra a maior percentagem de lípidos. Já a proteína encontra-se em maior percentagem na fase adulta. Quando aos hidratos de carbono, a fase em que estes se encontram em maior quantidade é a fase de pupa (Singh & Sinha, 1977).

Quadro 9 - Percentagem de Hidratos de Carbono, lípidos e proteína nas diferentes fases do ciclo de vida (ovo, larva, pupa e adulto) de *Sitophilus zeamais*



Fonte: (Singh & Sinha, 1977)

### 2.7.2 Caracterização do substrato

Estudos apontam para que as características nutricionais dos insetos se modifiquem de acordo não só com o tipo de inseto, mas também com o alimento que os mesmos consomem. Por isto importa identificar e caracterizar o substrato no qual os insetos se desenvolveram e reproduziram.

Neste caso o substrato utilizado foi grãos de milho, *Zea mays L.*, o que significa que o alimento consumido por estes insetos foi única e exclusivamente milho. Este é bastante rico em calorias que derivam do elevado valor de hidratos de carbono presentes. Por cada 100 g de milho pode encontrar-se 12% de água, 9% de proteína, 3,4% de lípidos e 74,5% de hidratos de carbono (Mejía, 2003) (Ramum, Penã-Rosas, & Garcia-Casal,

2014). Este cereal é dos mais ricos em lípidos quando comparado a outros como, por exemplo, o arroz, concentrando-se estes nas estruturas do pericarpo e gérmen do grão. O ácido gordo predominante nos grãos de milho é o ácido linoleico (49% a 62%), seguido pelo ácido oleico (23% a 34%) e finalmente o ácido palmítico (9,5% a 11%) (Saousse, Sadok, Habib, & Mayer, 2009).

A qualidade proteica de um determinado alimento é determinada pelos aminoácidos presentes, em especial pelos aminoácidos essenciais como a lisina. As diversas variedades de milho são distintas entre si quanto à qualidade proteica pois, apesar de possuírem um perfil de aminoácidos semelhante, estes estão presentes em diferentes quantidades de acordo com a variedade referida. Na generalidade os aminoácidos limitantes no milho são a lisina, o triptofano e a isoleucina, enquanto contêm quantidades significativas de aminoácidos como metionina e cisteína (FAO, 1998).

O milho comum tem uma qualidade proteína relativamente baixa e por esse motivo tem vindo a ser estudadas diversas formas de enriquecer este alimento através da suplementação. Estudos feitos em crianças alimentadas com dietas ricas em milho, mostraram uma taxa de crescimento mais elevada quando a sua dieta era suplementada com lisina (FAO, 1998).

Quanto aos minerais presentes no milho, estes também variam de acordo com a variedade em questão. No milho comum destaca-se o potássio, o fósforo e o magnésio (INS, 2010). No Quadro 10 apresentam-se os valores dos principais minerais encontrados no milho comum, *Zea mayz L.*.

Quadro 10 - Quantidade dos principais minerais presentes em amostras de milho comum, *Zea mayz L.* (mg/100g)

<b>Mineral</b>	<b>mg/100g</b>	<b>Fonte</b>
<b>Na</b>	14	
<b>K</b>	285	
<b>Ca</b>	14	
<b>P</b>	185	(INS, 2010)
<b>Mg</b>	113	
<b>Fe</b>	2,5	
<b>Zn</b>	2,4	

## 2.8 *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) como alimento humano

<b>Reino</b>	Animalia
<b>Filo</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordem</b>	Coleoptera
<b>Família</b>	Tenebrionidae
<b>Gênero</b>	<i>Tribolium</i>
<b>Espécie</b>	<i>T. castaneum</i>

### 2.8.1 Caracterização, morfologia e ciclo de vida

Os adultos de *Tribolium castaneum*, nome comum gorgulho americano, são pequenos (3 a 4 mm), achatados e alongados, de coloração avermelhada (LB, T, M, & A, 2011) (Sallam M. N.) (Dönitz, et al., 2013). A uma temperatura de 32,5°C, as fêmeas, depositam cerca de 11 a 15 ovos por dia, num total de 1200 durante a sua vida reprodutiva. Depositam os ovos soltos na farinha ou grãos onde se encontram. Estes são cilíndricos, pequenos e de cor branca (Sallam M. N.) (LB, T, M, & A, 2011). As larvas são bastante desenvolvidas (Figura 9), de uma coloração creme-acastanhada com a cabeça castanha. Pode distinguir-se três secções principais; cabeça, tórax e abdómen, bem como membros locomotores pelo que possuem capacidade de deslocação (Dönitz, et al., 2013). Estes insetos passam por sete estados larvares muito semelhantes entre si. A esta fase segue-se a fase de pupa e posteriormente a fase adulta, as quais diferem de forma muito significativa existindo, portanto, uma elevada evolução. A Figura 8 e 9 mostra um *Tribolium castaneum* em fase adulta.

Para os *Tribolium spp*, a temperatura ideal de sobrevivência ronda os 30-33°C bem como os 70%HR. A duração do seu ciclo de vida depende da temperatura ambiente, sendo que, a 24°C o ciclo dura aproximadamente 54 dias e a 34°C dura 26. Podem viver mais de um a quatro anos (LB, T, M, & A, 2011) (Sallam M. N.).



Figura 9 - Imagem da parte dorsal do *Tribolium castaneum* adulto

Fonte: (colpolon, n.d)



Figura 10 - Evolução ao longo do ciclo de vida de *Tribolium castaneum*. Da esquerda para a direita: (1) larva; (2) pupa; (3) adulto

Através da destruição do grão aquando da sua alimentação, estes insetos produzem uma elevada quantidade de resíduos, os quais têm uma consistência parecida à da farinha. Isto causa o aumento da temperatura e humidade do meio resultando no crescimento de fungos produtores de micotoxinas, por exemplo. Para combater estes agentes os insetos produzem benzoquinonas (LB, T, M, & A, 2011).

Todos os insetos da família Tenebrionidae, como os *Tribolium confusum* ou *castaneum*, produzem secreções de proteção chamadas benzoquinonas. Existem diversos tipos destas substâncias, mas o *Tribolium*, especificamente, produz metil-1,4-benzoquinonas e etil-1,4-benzoquinonas, MBQ e EBQ, respectivamente. É hipotetizado que as benzoquinonas funcionam como um meio de proteção externa para os insetos, eliminando agentes patogénicos e repelindo predadores (Unruh, Xu, & Kramer, 1998). As benzoquinonas são eletrólitos poderosos menos estáveis que a sua forma reduzida (hidroquinonas) (Yezerki, Glimor, & Stevens, 2004). São derivados de benzenos sendo compostos químicos cíclicos, insaturados com dois grupos carbonilo (C=O). São altamente solúveis em solventes orgânicos e têm uma coloração amarela, laranja ou avermelhada. O seu cheiro é muito proeminente especialmente as benzoquinonas monocíclicas libertadas pelos *Tribolium spp* (LB, T, M, & A, 2011). São produzidas em glândulas localizadas na zona triáxica e abdominal sendo expelidas quando o inseto se

sente em perigo ou *stress*. As benzoquinonas são absorvidas pelo meio onde os insetos se encontram como a farinha dos cereais, acumulando-se. As farinhas e cereais infestados pelos mesmos apresentam, impreterivelmente, elevados níveis destas substâncias (Yezerki, Glimor, & Stevens, 2004).

Estes compostos afetam a respiração celular e em doses elevadas induzem a paralisia local, convulsões, redução da pressão arterial e outros efeitos negativos. Estudos revelam que as benzoquinonas secretadas por estes insetos podem ser tóxicas para animais e humanos. Estes efeitos podem ser diretos ou indiretos, onde, através de transformações enzimáticas por vias metabólicas, as benzoquinonas passam a compostos de benzeno afetando células e tecidos e causando efeitos carcinogénicos (LB, T, M, & A, 2011).

Quando estes compostos voláteis foram procurados em larvas observou-se que a 35°C não foi produzido qualquer composto volátil. Quando a temperatura foi aumentada para 45°C observou-se uma mortalidade bastante elevada, contudo nenhum composto volátil foi detetado, novamente. Isto sugere que as larvas de *Tribolium spp* ainda não desenvolveram as glândulas para produção destas substâncias (Senthilkumar, et al., 2012).

Os adultos acabados de eclodir mostraram valores de MBQ e EBQ muito baixos, entre <0,1 e <0,3mg por inseto. Os valores aumentam como tempo atingindo um máximo por volta dos 40 a 50 dias após a eclosão (Uhrh, Xu, & Kramer, 2016).

### **2.8.2 Caracterização do substrato**

O substrato utilizado na produção de *Tribolium castaneum* foi idêntico, pelo que as condições foram se mantiveram.

## CAPITULO 3 |

## Materiais e métodos

**3.1 Preparação das amostras**

Para avaliar nutricionalmente as duas espécies (*Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*) foram realizadas determinações do teor de humidade, elementos minerais, proteína, aminoácidos, lípidos e fibra.

O objetivo inicial seria a obtenção das larvas de ambas as espécies e posterior avaliação. No caso do *Sitophilus zeamais*, uma vez que as larvas se desenvolvem dentro do endosperma do grão e apenas emergem já adultos, tornou-se extremamente complicado retirá-las sem causar dano de forma a obter a quantidade pretendida (aproximadamente 3 g).

Então optou-se por tentar reproduzir o inseto em farinha de forma a que as larvas se desenvolvessem envolvidas na mesma. Utilizou-se farinha biológica de milho, arroz e trigo com e sem farelo num total de seis ambientes diferentes. Incubou-se 30 adultos por ambiente e após 30 dias a 27°C e 67% de HR, os resultados obtidos foram semelhantes. Verificou-se uma mortalidade muito elevada dos adultos e nenhuma postura.

Posteriormente, ponderou-se se este resultado se relacionaria com a necessidade de perfuração e trituração por parte dos insetos. Assim, numa segunda fase, optou-se pela utilização de bolachas integrais de milho e arroz uma vez que estas seriam mais compactas que a farinha, mas de mais fácil desintegração que os grãos. Mais uma vez os resultados que se verificaram foi a mortalidade elevada dos adultos.

Por fim, a única opção viável que restava seria triturar os grãos com as larvas e determinar, por comparação, se existiria uma diferença significativa entre a farinha infestada e a farinha limpa.

As amostras de grãos de milho foram divididas em dois lotes de 30 g cada, aproximadamente. No primeiro, os grãos de milho (*zea mays* L.) encontravam-se limpos e sem qualquer infestação, já no segundo lote foram incorporados 30 adultos de *Sitophilus zeamais* os quais se desenvolveram e reproduziram nas amostras de milho. Estes permaneceram nos grãos por um período de 30 dias a uma temperatura de 27 °C e humidade relativa de 67%. Após esses 30 dias retiram-se os dois lotes de amostra da estufa. Da amostra infestada separaram-se os adultos dos grãos. Guardou-se, então, num frigorífico convencional a 5 °C. O lote sem larvas também foi guardado a 5 °C para que as condições do teste se mantivessem idênticas. Depois de um dia no frio, todas as

amostras foram moídas num moinho da marca *Moulinex*. A farinha resultante foi armazenada em 3 frascos para cada lote, num total de 6 amostras.

As amostras de larvas de *Tribolium castaneum* foram retiradas de grãos de milho infestados apenas com esta espécie e mantidas nas mesmas condições que as amostras de farinha referidas anteriormente. No total colheu-se cerca de 3 g de larvas. Todas as determinações analíticas descritas a baixo foram realizadas em triplicado.

### **3.2 Determinações analíticas**

#### **3.3.1 Determinação do teor em humidade**

Numa balança digital fez-se a tara de nove cadinhos. Posteriormente foram colocadas cerca de 2 g de amostra para cada um destes, pesadas rigorosamente, resultando em três cadinhos com amostra infestada, três cadinhos com amostra não infestada e três cadinhos com larvas. Colocaram-se os cadinhos na estufa a 60 °C por 48h, após as quais se voltou a pesar os cadinhos com as amostras. Antes de pesar deixou-se arrefecer os cadinhos num exsiccador por 1 h. Repetiu-se este processo após 72 h, até peso constante. O cálculo da humidade foi feito através da diferença entre o peso inicial da amostra e o peso depois de 72 h na estufa.

#### **3.3.2 Determinação de elementos minerais**

Para a determinação dos elementos minerais pesou-se rigorosamente cerca de 0,5 g de amostra para um tubo de digestão num total de três tubos por cada lote. Após este passo adicionou-se 7,5 ml de ácido nítrico 65 % e 2,5 ml de ácido clorídrico 35 %. Os tubos foram, então, colocados num digestor durante cerca de 1 h 30 min a uma temperatura de até 110 °C. Posteriormente passou-se o conteúdo de cada frasco para balões de 25ml e lavaram-se os frascos duas vezes com água destilada, deitando a mesma no balão. No final perfez-se o volume do balão com água destilada e agitou-se. Foram determinados os teores de: Ca, Zn, Fe, Mg, Cu e Mn por espectrofotometria de absorção atómica em chama.

#### **3.3.3 Determinação do teor de proteína (Saint-Denis & Goupy, 2004)**

O teor proteico foi determinado de acordo com o método Dumas descrito por Saint-Denis & Goupy (2004). Para a execução das análises utilizou-se o equipamento *nitrogen analyser* FP-528 LECO (LECO, St. Joseph, USA) que foi calibrado com EDTA (Carbono  $41,07 \pm 0,17\%$ ; Hidrogénio  $5,55 \pm 0,02\%$ ; Azoto  $9,57 \pm 0,03\%$ ). Pesou-se cerca de 10 g de cada amostra. O fator de conversão utilizado para obter os valores de proteína foi 6,25.

### 3.3.4 Determinação de aminoácidos (AOAC, 1998; Henderson, et al., 2000)

A análise de aminoácidos totais foi realizada de acordo com o método de hidrólise descrito na AOAC (1998), por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Para a realização da hidrólise utilizaram-se amostras de farinha com e sem inseto (para as determinações correspondentes ao *Sitophilus zeamais*) e de larvas (para as determinações correspondentes ao *Tribolium castaneum*) cada uma contendo 1,5 a 2,0 mg de N às quais foi adicionado 3 mL de HCl 6 M com 0,1% de fenol. A hidrólise foi realizada em condições inertes, a uma temperatura de 110 a 115 °C por 24 h. Posteriormente, as amostras foram neutralizadas com 2,5 mL de NaOH 6 M, filtradas (0,22 µm) e congeladas a -80 °C até injeção no HPLC.

A separação dos aminoácidos fez-se através de HPLC (Agilent 1100 HPLC, Agilent, Palo Alto, EUA), com derivatização pré-coluna usando o-flalaldeído (OPA) e 9-fluorenilmetil cloroformato (FMOC), pré-coluna Phenomenex Gemini ODS C18 (4 × 3 mm), e coluna Phenomenex Gemini ODS C18 110 Å (4,6 × 150 mm, 5 µm) (Phenomenex Inc., Torrance, USA). Os eluentes e as condições do gradiente foram executadas de acordo com Henderson *et al.* (2000). A detecção foi feita através da medição de fluorescência (Ex/Em=340/450nm and 266/305nm). Os aminoácidos foram identificados e quantificados através de comparação com os tempos de retenção e área dos picos dos aminoácidos padrão (Sigma) com o *software* Agilent ChemStation for LC (Agilent, USA). A Norvalina e Sarcosina foram utilizadas como padrões internos.

### 3.3.5 Determinação do teor de lípidos (Extração com Éter petróleo)

O teor em gordura das amostras foi obtido por extração com éter petróleo, num extrator de Soxtec HT. Pesou-se rigorosamente, cerca de 1 g de amostra de cada lote de farinha e cerca de 0,1 g da amostra de larvas, para um cartucho de extração e pesou-se um copo de alumínio vazio. O cartucho é colocado no aparelho com o respetivo copo tarado por baixo. Procedeu-se à extração por evaporação e condensação contínua de éter petróleo através da amostra sendo no final o éter petróleo com a gordura dissolvida recolhido no copo. Procedeu-se à evaporação do solvente por aquecimento e, após total secagem deste, pesa-se o copo contendo apenas a gordura. Foram realizadas três repetições por amostra.

### 3.3.6 Determinação do teor em fibra (Método de Weende)

A amostra das farinhas, bem como das larvas a analisar foram extraídas com ácido sulfúrico e hidróxido de potássio, ficando apenas a componente da fibra. Pesa-se rigorosamente cerca de 0,5 g de cada amostra para um cadinho com placa porosa e, num equipamento Dosi-Fiber, adiciona-se à amostra 100 mL de uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

(0,2 M) deixando em ebulição durante 30 minutos. De seguida lava-se com água e adiciona-se à amostra cerca de 100 mL de uma solução de KOH (0,2 M) deixando em ebulição durante 30 minutos. No final lava-se o resto da amostra com água e acetona levando depois à estufa para secar. Depois de seco, pesa-se o cadinho sendo a diferença de peso, relativamente ao cadinho vazio, devida à fibra. Foram realizadas três repetições por amostra.

### **3.3.7 Análise estatística de resultados**

Aos resultados, foi aplicado um teste de comparação de médias. Para o efeito recorreu-se ao *software* estatístico SPSS (IMB SPSS Statistics 24) com o qual se procedeu ao cálculo das médias e desvios padrão de cada amostra bem como a comparação estatística das amostras de farinha com e sem inseto.

Para fazer a comparação entre os resultados obtidos para as diferentes amostras (farinha com e sem inseto) recorreu-se a um teste-T de amostras independentes, o qual compara médias de amostras independentes para verificar se a um nível de significância de 0,05 são encontradas diferenças significativas.

No caso das amostras de larvas de *Tribolium castaneum* apenas foi calculada a média e desvio padrão da amostra para posterior comparação com bibliografia.

### 3.3 Apresentação e discussão de resultados

#### 3.4.1 *Sitophilus zeamais*

##### Humidade, lípidos, proteína e fibra

O Quadro 11 apresenta os teores em humidade, lípidos, proteínas e fibra das amostras de farinha com e sem larvas de *Sitophilus zeamais*.

Quadro 11 - Teores em humidade, lípidos, proteínas e fibra das amostras de farinha com e sem larvas de *Sitophilus zeamais*. Letras minúsculas iguais (a,a) significam que não existe evidência estatística suficiente para afirmar que sejam diferentes.

	<b>Amostra</b>	<b>Valor (%)</b>
<b>Humidade</b>	c/ inseto	10,49 ± 0,21 <sup>a</sup>
	s/ inseto	8,33 ± 0,21 <sup>b</sup>
<b>Lípidos</b>	c/ inseto	3,84 ± 1,41 <sup>a</sup>
	s/ inseto	3,25 ± 0,43 <sup>a</sup>
<b>Proteína</b>	c/ inseto	9,87 ± 0,55 <sup>a</sup>
	s/ inseto	9,53 ± 0,86 <sup>a</sup>
<b>Fibra</b>	c/ inseto	2,31 ± 0,42 <sup>a</sup>
	s/ inseto	2,41 ± 0,23 <sup>a</sup>

De acordo com Mejta (2003) e Ramum (2014) um grão de milho *Zea mays* L. possui 12% de humidade, 3,4% de lípidos e 9% de proteína. De acordo com o Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge os valores relativos a fibra alimentar do milho, rondam 2,9%. Os resultados obtidos são, de uma maneira geral, concordantes com estes dados. Verifica-se apenas que relativamente ao teor de humidade este se encontra cerca de 4% abaixo do valor esperado. A humidade é uma característica muito volátil que se altera facilmente de acordo com muitos fatores nomeadamente as características durante o armazenamento (HGCA, 2004). Por este facto a diferença entre o teor de humidade esperado e obtido acaba por não ter uma importância significativa. No caso da amostra com inseto verifica-se que a humidade aumentou, o que pode ter sido causado tanto pela presença das larvas nos grãos, mas também devido à atividade dos adultos que causa aumento de temperatura e humidade, segundo a *Canadian Grain Commission* (2013).

Quando feita a comparação entre as amostras com inseto e as amostras sem inseto verificou-se que apenas o teor em humidade representa uma diferença significativa. Não há diferenças significativas relativamente aos teores em lípidos, proteína ou fibra. Pode concluir-se que a presença de insetos adultos no cereal por um período de tempo de 30 dias, assim como a presença de estados larvares dentro dos grãos, não afeta o seu valor nutricional.

A informação disponível sobre avaliação nutricional de *Sitophilus spp* é bastante reduzida. Singh e Sinha (1977) apresentam valores para hidratos de carbono, lípidos e proteína. Estes revelam-se muito diferentes dos obtidos nas análises efetuadas, uma vez que a bibliografia revela valores de 53% para proteína e de 38% para lípidos e as análises efetuadas revelaram valores de 9 e 3% para proteína e lípidos, respetivamente. Tendo em conta estes dados bem como os resultados das análises anteriormente efetuadas, é bastante provável que a proporção larva/cereal não tenha sido suficientemente elevada para gerar diferenças significativas, no entanto, como já referido, a presença dos insetos adultos não afetou a qualidade nutricional do milho.

Relativamente à presença de *Sitophilus zeamais* (adulto e ovo) permanecer na cultura por um período curto de tempo (30 dias), verifica-se que não existem alterações significativas no seu valor nutricional. Recorrer à utilização de pesticidas para eliminar estes insetos contribui de forma negativa para a qualidade do produto uma vez que afeta tanto o solo e cursos de água onde a planta se desenvolve como a saúde humana.

#### Aminoácidos essenciais

O Quadro 12 apresenta os teores de aminoácidos em farinha infestada/não infestada. Quando comparadas as amostras com e sem inseto verifica-se que (à parte do triptofano cujos valores encontrados são muito baixos) existem diferenças estatisticamente significativas entre todos eles. Já o triptofano e a metionina encontram-se em quantidade inferior a 9 pmol/ $\mu$ l para a amostra sem inseto.

Segundo Langvah *et al* (2011) muitos insetos são ricos em lisina e treonina ao contrário da generalidade dos cereais. Neste caso confirma-se que o milho tem uma quantidade muito baixa de treonina e lisina e que estes valores, quando comparados com a farinha infestada, sofrem um aumento. De facto, a treonina é o segundo aminoácido presente em maior quantidade antecedido pela leucina.

Segundo a mesma fonte, no geral, os insetos são pobres em aa que contenham enxofre como a metionina, sendo este dos aa presentes em menor quantidade, efetivamente.

A amostra com inseto revelou, no geral, um aumento do teor em aa essenciais. Uma vez que estes não são sintetizados pelo corpo humano têm que ser obtidos pelo consumo de alimentos. No entanto, muitas vezes, existem deficiências na ingestão dos mesmos por falta de recursos ou possibilidade de uma alimentação variada. A farinha com larvas de *Sitophilus zeamais* mostrou estar mais enriquecida relativamente a estes elementos o que permite a ingestão de menor quantidade de alimento para suprir as necessidades diárias relativas a aminoácidos essenciais.

A dose diária recomendada de aa essenciais, de acordo com a WHO, comporta valores entre 39 mg/kg para a Leucina e 4 mg/kg para o triptofano. Quando se faz a comparação entre estes e os valores obtidos para o teor de cada aminoácido percebe-se que a farinha com inseto satisfaz as necessidades diárias de um adulto de 70kg de forma bastante consistente. De facto, a treonina está presente em quantidade suficiente para satisfazer mais de 50% das necessidades diárias de um adulto. Também a metionina que, na farinha sem inseto se encontra em quantidade bastante diminuta, na farinha com inseto encontra-se em quantidade suficiente para satisfazer cerca de 40% das necessidades diárias.

Ao contrário do que aconteceu com os teores de humidade, lípidos, proteína e fibra, os teores em aa mostram-se mais elevados na farinha infestada quando comparada com a farinha sem insetos o que implica, neste caso, um aumento do valor nutricional da farinha.

Quadro 12 - Teor em aminoácidos das amostras com e sem larvas de *Sitophilus zeamais*. <LQ = <9 pmol/μl. Letras minúsculas iguais (a,a) significam que não existe evidência estatística suficiente para afirmar que sejam diferentes.

	<b>Amostra</b>	<b>Valor (%)</b>
<b>HIS</b>	c/inseto	0,32 ± 0,02 <sup>a</sup>
	s/inseto	0,18 ± 0,01 <sup>b</sup>
<b>THR</b>	c/inseto	0,59 ± 0,02 <sup>a</sup>
	s/inseto	0,36 ± 0,01 <sup>b</sup>
<b>VAL</b>	c/inseto	0,50 ± 0,02 <sup>a</sup>
	s/inseto	0,31 ± 0,01 <sup>b</sup>
<b>LYS</b>	c/inseto	0,31 ± 0,02 <sup>a</sup>
	s/inseto	0,17 ± 0,00 <sup>b</sup>
<b>MET</b>	c/inseto	0,30 ± 0,01 <sup>a</sup>
	s/inseto	<LQ <sup>b</sup>
<b>LEU</b>	c/inseto	1,14 ± 0,06 <sup>a</sup>
	s/inseto	0,76 ± 0,02 <sup>b</sup>
<b>ILE</b>	c/inseto	0,35 ± 0,21 <sup>a</sup>
	s/inseto	0,22 ± 0,10 <sup>b</sup>
<b>TRP</b>	c/inseto	<LQ
	s/inseto	<LQ
<b>PHE</b>	c/inseto	0,50 ± 0,03 <sup>a</sup>
	s/inseto	0,32 ± 0,01 <sup>b</sup>

Elementos minerais

Foram analisados os seguintes elementos minerais: ferro, cobre, zinco, manganês, magnésio, sódio e potássio (Quadro 13).

Quadro 13 - Teor em elementos minerais das amostras com e sem larvas de *Sitophilus zeamais*. <LQ = <9 pmol/µl. Letras minúsculas iguais (a,a) significam que não existe evidência estatística suficiente para afirmar que sejam diferentes.

	<b>Amostras</b>	<b>Valor (%)</b>	
<b>Fe</b>	c/inseto	0,026±0,00024 <sup>a</sup>	
	s/inseto	0,030±0,00007 <sup>a</sup>	
<b>Cu</b>	<b>c/inseto</b>	<b>0,003±0,00006<sup>a</sup></b>	←
	<b>s/inseto</b>	<b>0,002±0,00002<sup>b</sup></b>	
<b>Zn</b>	c/inseto	0,013±0,00019 <sup>a</sup>	
	s/inseto	0,011±0,00015 <sup>a</sup>	
<b>Mn</b>	<b>c/inseto</b>	<b>0,004±0,00003<sup>a</sup></b>	←
	<b>s/inseto</b>	<b>0,002±0,00003<sup>b</sup></b>	
<b>Mg</b>	c/inseto	0,071±0,01025 <sup>a</sup>	
	s/inseto	0,065±0,00219 <sup>a</sup>	
<b>Na</b>	c/inseto	0,034±0,00030 <sup>a</sup>	
	s/inseto	0,040±0,00099 <sup>a</sup>	
<b>K</b>	c/inseto	0,197±0,02482 <sup>a</sup>	
	s/inseto	0,163±0,02168 <sup>a</sup>	

Pelos resultados obtidos, verifica-se que apenas existe evidência estatística suficiente para afirmar diferenças significativas entre as amostras para cobre e manganês.

Segundo a bibliografia, os insetos são especialmente ricos em Fe e Zn, no entanto, não se verificaram alterações significativas nos valores destes elementos minerais entre uma e outra amostra, de facto o valor de ferro para a farinha sem inseto é ligeiramente mais elevado que o teor do mesmo elemento para farinha com inseto. Este fenómeno também se verifica no elemento mineral sódio.

Não obstante a presença de insetos adultos e estados larvares não afetou o teor em elementos minerais dos grãos o que, mais uma vez, revela que estes últimos não perdem qualidade nutricional.

### 3.4.2 *Tribolium castaneum*

#### Humidade, lípidos, proteína e fibra

No Quadro 14, encontram-se os resultados relativos ao teor em humidade, lípidos, proteína e fibra para as amostras de larvas de *Tribolium castaneum*.

Quadro 14 - Teor em humidade, lípidos, proteína e fibra para larvas de *Tribolium castaneum*. Resultados em peso húmido

	Valor (%)
<b>Humidade</b>	42,23±2,11
<b>Lípidos</b>	9,07±4,09
<b>Proteína</b>	21,37±0,45
<b>Fibra</b>	8,76±1,07

O teor em humidade, no que se refere a larvas de inseto, é um valor médio, sendo que, por exemplo, as larvas de *Tenebrio molitor* apresentam cerca de 60% de humidade (Hayes & Laudan, 2009).

Relativamente ao teor de lípidos, este é bastante baixo quando comparado com o valor apresentado no quadro 5 para a ordem *Coleoptera* da qual este inseto faz parte. Uma vez que o valor médio para a ordem é de 27% comparativamente com 15,65% (quando convertido em teor de lípidos em peso seco) deste inseto.

Segundo o laboratório de entomologia da Universidade de *Wageningen*, o teor em lípidos para larvas de *Tenebrio molitor* ronda os 35%, o qual também é muito elevado relativamente ao valor apresentado para o *Tribolium castaneum*. No entanto, a análise de lípidos destas amostras revelou resultados muito díspares pelo que seria necessário realizar um maior número de repetições por forma conseguir resultados mais homogéneos. Para além disso, as características nutricionais dos insetos variam muito com a espécie em questão e a sua alimentação pelo que pode daí derivar a razão para uma diferença tão grande, uma vez que o teor em lípidos do milho é também bastante reduzido.

Quando este valor é comparado com o teor em lípidos de carnes consumidas de forma regular como a carne de bovino ou o salmão verifica-se que possui maior quantidade de lípidos que a carne de bovino, mas cerca de 5% menos que a carne de salmão. No entanto, a grande diferença entre os teores em lípidos reside no respetivo grau de saturação. Na carne de bovino os lípidos encontrados são maioritariamente saturados enquanto no salmão a maioria são lípidos polinsaturados. De acordo com Yang et al (2006) e Raksakantong et al (2010) a maioria dos insetos possui ácidos gordos saturados mas também uma grande percentagem de ácidos gordos mono e

polinsaturados como o ómega-3. Este facto torna-os uma opção mais saudável que carnes vermelhas e uma opção mais barata que peixes gordos como o salmão.

Já o teor em proteína, embora diferente do teor apresentado para a ordem *Coleoptera* e especialmente para *Tenebrio molitor* (cerca de 49%) (Hayes & Laudan, 2009), este já se encontra mais próximo. Em peso seco, o teor de proteína das larvas ronda os 37% (em peso seco). Possuem, então, maior quantidade de proteína que carne de bovino (20,9%), salmão (16,2) e que a soja (32,8%). Como referido no caso dos lípidos, são uma opção mais saudável, mais barata e, quando comparado com a soja, contém proteína de melhor qualidade uma vez que se trata de proteína animal, tal como referido por Schabel (2010).

Relativamente ao teor em fibra apresentado, este representa o teor em quitina na larva o qual é muito baixo pois o exosqueleto apenas se começa a formar na fase de pupa. Embora haja estudos que confirmam a presença de quitinases no suco digestivo humano principalmente em zonas onde a entomofagia é uma prática recorrente, esta teoria ainda não confirmou a digestibilidade da quitina pelo Homem.

#### Aminoácidos essenciais e elementos minerais

O Quadro 15 apresenta teor em Aminoácidos e elementos minerais em larvas de *Tribolium castaneum*

Quadro 15 - Teor em Aminoácidos e elementos minerais em larvas de *Tribolium castaneum*

<b>Aminoácidos essenciais</b>	<b>Valor (%)</b>	<b>Elementos Minerais</b>	<b>Valor (%)</b>
<b>HIS</b>	0,64±0,06	<b>Fe</b>	0,071±0,0008
<b>THR</b>	0,97±0,06	<b>Cu</b>	0,007±0,0001
<b>VAL</b>	1,00±0,07	<b>Zn</b>	0,048±0,0002
<b>LYS</b>	0,84±0,10	<b>Mn</b>	0,007±0,0001
<b>MET</b>	< LQ	<b>Mg</b>	0,042±0,0002
<b>LEU</b>	1,23±0,07	<b>Na</b>	0,199±0,0003
<b>ILE</b>	0,71±0,06	<b>K</b>	0,219±0,0009
<b>TRP</b>	< LQ		
<b>PHE</b>	0,90±0,07		

Através dos resultados obtidos para aminoácidos essenciais o que se verifica é que as larvas possuem, de forma geral, três vezes mais quantidade de aminoácidos essenciais que a farinha de milho. Com exceção da metionina e do triptofano que se encontram em quantidade inferior a 9 pmol/μl como na farinha, todos os outros aminoácidos se encontram em quantidade muito superior, principalmente a valina. Desta forma, a

presença das larvas na farinha tornam-na mais rica em aminoácidos essenciais, ou seja, aumentam o seu valor nutricional. Estes insetos também não são especialmente ricos nem em lisina nem em treonina como referido por Langvah et al (2011), relativamente a insetos comestíveis no geral. O aminoácido presente em maior quantidade é a Leucina e o aminoácido presente em menor quantidade é a histidina.

O perfil de aminoácidos da carne de bovino difere do perfil de aminoácidos das larvas. Alguns como a lisina e a leucina diferem em mais de 3 g. Já a histidina, treonina e isoleucina diferem de forma bastante menos significativa, apenas alguns miligramas. No caso da valina e a fenilalanina o teor nestes aminoácidos presentes nas larvas é maior que na carne de bovino embora a diferença seja muito reduzida. Apesar disto as larvas são uma fonte de proteína animal bastante mais barata, de produção muito mais facilitada e bastante menos poluente. Assim, mesmo que o perfil nutricional em aminoácidos não se diferencie muito, existe uma diversidade de outras vantagens que complementam esta perda por parte das larvas de *Tribolium castaneum* (Holló, et al.). Quanto aos elementos minerais estudados, na generalidade, os teores, relativamente à média, são superiores aos da farinha de milho, podendo então afirmar-se que as larvas enriquecem a farinha. O elemento em maior quantidade é o potássio, os elementos em menor quantidade são o manganês e o cobre ambos com o mesmo valor.

Quando comparados os teores de elementos minerais das larvas com alimentos consumidos diariamente como carne de bovino, salmão e soja verifica-se que:

- Relativamente à carne de bovino, no geral, todos os elementos minerais se encontram em maior quantidade nas larvas de *Tribolium castaneum*, com exceção do potássio que está presente em maior quantidade na carne;
- No caso do salmão verifica-se a mesma situação, sendo que este relativamente a carne de bovino apresenta ainda menos quantidade de minerais como ferro, zinco, magnésio e sódio. Mais uma vez o potássio encontra-se em maior quantidade no salmão;
- Quanto à soja, as diferenças são bastante significativas porque o magnésio e o potássio encontram-se em muito maior quantidade que nas larvas e, por sua vez, o sódio e o ferro encontram-se em muito menor quantidade que nas larvas.

Isto torna estes insetos potenciais fontes de alimento ou ingredientes para super alimentos destinados a alimentar indivíduos subnutridos, por exemplo. Esta situação poderia verificar-se efetivamente se se provasse que as larvas de *Tribolium castaneum* não produzem benzoquinonas uma vez que estas são substâncias tóxicas.

Segundo Senthilkumar (2012) estes compostos voláteis não foram encontrados nas larvas de *Tribolium spp.* mas sim nos adultos.

### 3.4 Considerações finais

Com o desenvolvimento deste projeto foi possível quantificar teores de humidade, lípidos, proteína, fibra, aminoácidos essenciais e elementos minerais em amostras de farinha de milho com e sem larvas de *Sitophilus zeamais* e em larvas de *Tribolium castaneum*.

Apenas foi possível executar as análises diretamente nas larvas de *Tribolium* pois as larvas de *Sitophilus* desenvolvem-se dentro do grão de milho e é bastante difícil retirá-las sem as danificar.

Após as análises, no caso do *Sitophilus zeamais*, é possível concluir que a proporção larva/farinha não foi a adequada para que as características nutricionais das larvas se notassem proeminentemente. Isto porque apenas se pode afirmar estatisticamente que existe diferenças significativas entre amostras no teor de humidade, no teor em cobre e manganês e no teor em aminoácidos essenciais. Especialmente neste último parâmetro foram detetadas diferenças muito consistentes. Nos restantes parâmetros não existe evidência estatística suficiente para afirmar diferenças, uma vez que elas foram muito baixas.

Apesar deste facto, pode afirmar-se que os grãos não perderam qualidade nutricional com a presença de insetos adultos nem com estados larvares. Assim, este produto é passível de ser administrado a humanos sem perdas nutricionais significativas que afetem a qualidade do mesmo. Por outro lado, evitar-se-ia a utilização de pesticidas, os quais, sim, afetam a saúde humana e poluem o meio ambiente.

Relativamente às larvas de *Tribolium castaneum* verificou-se que estas têm uma boa quantidade de proteína apesar de não ser tão elevada comparativamente a outras espécies de inseto. Têm baixo teor em lípidos bem como em fibra. Quando comparados, estes teores de lípidos, com outros produtos regularmente consumidos conclui-se que possuem menos quantidade de lípidos que carne de bovino e salmão. No entanto, comparativamente com a carne de bovino e segundo a bibliografia os insetos terão maior quantidade de ácidos gordos insaturados que a primeira. Quanto à proteína, as larvas possuem maior quantidade que carne de bovino e salmão, para além de ser uma fonte muito menos dispendiosa.

Quanto aos aminoácidos, os que se encontram presentes em maior quantidade nas larvas são a valina e leucina. Quando comparado com a carne de bovino verifica-se que não existem diferenças muito significativas.

Já os elementos minerais foram comparados com três alimentos consumidos diariamente em todo o mundo (carne de bovino, salmão e soja) e verificou-se que à exceção de potássio, de uma forma geral, as larvas apresentam teores mais elevados em elementos minerais.

Não obstante, não se pode afirmar se serão adequadas à alimentação humana pois não se estudou possível existência de benzoquinonas, o que limita a assertividade das conclusões deste trabalho.

### **3.5 Propostas de estudos futuros**

- Repetição dos estudos realizados com larvas de *Sitophilus zeamais*, utilizando métodos de detecção de infestação oculta (fucsina ácida);
- Estudo de produção de benzoquinonas no estado larvar de *Tribolium castaneum*;
- Estudo do perfil de ácidos gordos de ambas as espécies;
- Análise sensorial de produtos alimentares formulados a partir de cereais e derivados com larvas *Sitophilus zeamais* e de *Tribolium castaneum* com o objetivo de verificar alterações nas características sensoriais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS |

- Agilent Technologies. (2015). *Flame Atomic Absorption Spectrometry: Analytical Methods*. Austrália : Agilent Technologies.
- Almeida, J. A. (2013). *Os serviços dos ecossistemas na valorização dos espaços agrícolas: perspectivas gerais e aplicação a um território rural de montanha*. Porto: Faculdade de Ciências do Porto.
- AOAC. (1998). *Official Methods of Analysis, Amino Acids in Feeds - AOAC official Method 994.12* (16th ed.). Washington DC: Association of Official Analytical Chemistry.
- Barbosa, J. (2015). *Vida Rural - Produzir insectos para farinha*. Obtido em Agosto de 2016, de <http://www.vidarural.pt/produzir-insetos-para-farinha/>
- Bell, C. H. (2000). Fumigation in 21st century. *Crop protection* , 19, 593-569.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. C., & Ricci, A. (2013). Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 296-313.
- Bussinka, A. P., Vreede, J., Aerts, J. M., & Boot, R. G. (Fevereiro 2008). A single histidine residue modulates enzymatic activity in acidic mammalian chitinase. *Federation of European Biochemical Societies* , pp. 931-935.
- Canadian Grain Commission. (2013). *Canadian Grain Commission*. Obtido em Maio de 2016, de <https://www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepouse/pip-irp/mw-cr-eng.htm>
- Comissão Europeia. (2000). *Plant protection in the EU - consumption of plant protection products in the European Union 1992-1996*. Luxemburgo.
- Dönitz, J., Grossmann, D., Schild, I., Schmitt-Engel, C., Bradler, S., & Pepic, N.-M. (2013). *An anatomical ontology for the beetle tribolium castaneum*. Obtido em Julho de 2016, de <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0070695#pone-0070695-g001>
- EFSA Scientific Committee. (2015). Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal* 2015, 13(10), 60.
- Eurostat. (2007). *Statistical Books - The use of plant protection in the European Union 1992-2003*. Luxemburgo.
- Eurostat. (2016). *Statistical Books - Agriculture, forestry and fishery statistics 2015 edition* (2015 ed.). Luxemburgo: Eurostat.
- FAO . (1992). *Meat and meat products in human nutrition in developing countries*. Obtido em Abril de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/T0562E/T0562E01.htm#Acknowledgments>
- FAO. (1985). *Prevention of post-harvest food losses: a training manual*. Roma: FAO.
- FAO. (1998). *Maize in Human Nutrition*. Rome: FAO.
- Fields, P. (s.d.). Alternatives to chemical control of stored-product insects in temperate regions. Em A. a.-f. center (Ed.), *9th international working conference on stored product protection*. Canada.

- Fukuto, R. (1990). Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides. *Environmental Health Perspectives*, 87, 245-254.
- Gunther, M. (s.d.). *Farming: Pollution*. WWF.
- Haines, C. (1991). *Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification (A Training Manual) (2ª ed.)*. Chatham.
- Hayes, D., & Laudan, R. (2009). Edible Insects. Em *Food and nutrition* (p. 569). Nova Iorque: Marshall Cavendish Reference.
- Henderson, J. W., Ricker, R. D., Bidlingmeyer, B. A., & Woodward, C. (2000). Rapid, Accurate, Sensitive and Reproducible Analysis of Amino Acids. *Agilent Publications*.
- HGCA. (2004). *Grain sampling from field to buyer - understanding variation*.
- Hintze, K., Tawzer, J., & Ward, R. (2016). Concentration and ratio of essential fatty acids influences the inflammatory response in lipopolysaccharide challenged mice. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*.
- Hodges, R. J., Hall, D. R., Mbugua, J. N., & Likhayo, P. W. (1998). The responses of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to pheromone and synthetic maize volatiles as lures in crevice of flight traps. *Bull Entomol*, 88, 131-139.
- Holló, G., Csapó, J., Szűes, E., Tözsér, J., Repa, I., & Holló, I. (s.d.). Influence of breed, slaughter weight and gender on chemical composition of beef. Amino acid profile and biological value of proteins. *Faculty of Agricultural Environmental Sciences, Hungary*, pp. 1555-1559.
- Huis, A. v. (2012). Potencial of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *The annual review of entomology*, 58, 563-583.
- Huis, A. V., Itterbeeck, J. V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Roma: FAO.
- INE. (2015). *Estatísticas agrícolas 2014*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- Instituto Nacional de Saúde. (2010). *Tabelas de Alimentos, Detalhes de Alimento, Milho grão cru seco*. Obtido em Setembro de 2016, de <http://www.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/AlimentNutricao/AplicacoesOnline/TabelaAlimentos/PesquisaOnline/Paginas/DetailAlimento.aspx?ID=IS412>
- Instituto Nacional de Saúde Dr Ricardo Jorge. (2010). *Tabela de Composição de Alimentos*. Obtido em Maio de 2016, de <http://www.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/AlimentNutricao/AplicacoesOnline/TabelaAlimentos/PesquisaOnline/Paginas/DetailAlimento.aspx?ID=IS412>
- Jacobs, S., & Calvin, D. (1988). *Weevils on stored grains*. Pennstate: College of Agricultural Sciences - Entomological Notes.
- Jadhav, K. (2006). *Biologu and Management of Rice Weevil, sitophilus oryzae L. in Pop Sorghum*. Dharwad: University of agricultural sciences.

- Johnson, D. V. (2010). The contribution of edible forest insects to human nutrition and to forest management. Em *Forest insects as food: humans bite back* (pp. 5-22). Bangkok, Thailand: FAO.
- K.E.Ekpo, A.O.Onigbinde, & I.O.Asia. (2009). Pharmaceutical potentials of oils of some popular insects consumed in southern Nigeria. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3, 51-57.
- Koehler, P. (1994). *Rice Weevil, Sitophilus oryzae (Coleoptera:Curculionidae)*. Florida: University of Florida.
- LB, L., T, B., M, B., & A, C. (2011). The carcinogenic effects of benzoquinones produced by the flour beetle. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 14, 159-164.
- Li, L., Zhao, Z., & Liu, H. (2012). Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica*, 92, 103-109.
- Likhayo, P. W., & Hodges, R. J. (2000). Field monitoring *Sitophilus zeamais* and *sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) usinh refuge and flight traps baited with synthetic pheromone and cracked wheat. *Journal Stored Prod*, 36, 341-353.
- Longvah, T., Mangthya, K., & Ramulu, P. (Março de 2011). Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae an pupae. *Food Chemistry*, pp. 400-403.
- Mejía, D. (2003). *Maize post-harvest operations*. FAO.
- Meyer-Rochow, V. (2010). Entomophagy and its impact on world cultures:. Em P. B. Durst, D. V. Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono (Edits.), *Forest insects as food: humans bite back* (pp. 23-36). Tailândia : FAO.
- Paoletti, M. G., Norberto, L., Cozzarini, E., & Musumeci, S. (2009). Role of Chitinases in Human Stomach for Chitin Digestion: AMCase in the Gastric Digestion of Chitin and Chit in Gastric Pathologies. *Nova Science Publishers*, 339-357.
- Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., & S. A. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 4357-4360.
- Rajendran, S., & Srinanjini, V. (2008). Plant products as fumigants for stored-products insect control. *Journal of stored products reserach*, 44, 126-135.
- Raksakantong, P., Meeso, N., Kubola, J., & Siriamornpun, S. (2010). Fatty acids and proximate composition of eight thai edible terricolous insects. *Food Research International*, 350-355.
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J. M., Prado, E. E., Perez, M. A., Otero, J. L., & Guevara, O. L. (1997). Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. *Journal of food composition and analysis*, pp. 142-157.
- Ramum, P., Penã-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production utilization and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 105-112.

- Raubenheimer, D., & Rothman, J. M. (2012). *Nutritional Ecology of Entomophagy in Humans and Other Primates*. New Zealand: Annu Review of Entomology .
- Saint-Denis, T., & Goupy, J. (2004). Optimization of a nitrogen analyser based on Dumas method. *Analytica Chimica Acta*, 515, 191-198.
- Sallam, M. N. (s.d.). *Insect Damage: Damage on post-harvest*. AGSI/FAO.
- Saoussem, H., Sadok, B., Habib, K., & Mayer, P. M. (2009). Fatty acid accumulation in the different fractionbs of the developing corn kernel. *Food Chemistry*, 432-437.
- Schabel, H. G. (2010). Forest insects as food: a global review. Em P. B. Durst, D. V. Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono (Edits.), *Edible forest insects: humans bite back* (pp. 37-59). Tailândia: FAO.
- Senthilkumar, T., Jayas, D. S., White, N. D., Freund, M. S., Shafai, C., & Thomson, D. J. (2012). Characterization of volatile organic compounds released by granivorous insects in stored wheat. *Journal of stored products research* , 48, 91-96.
- Shockley, M., & Dossey, A. T. (2014). Insects for human consumption. Em *Mass production of beneficial organisms: Invertebrates and entomopathogens* (pp. 617-649). Elsevier.
- Singh, N. B., & Sinha, R. N. (1977). *Carbohydrate, Lipid and Protein in the Developmental Stages of Sitophilus oryzaeand S. granarius (Coleoptera: Curculionidae)*. Canada: Agriculture Canada Research Station.
- The World Bank. (2008). *Agricultura e meio ambiente*. The World Bank .
- Tigar, B. J., Key, G. E., Flores-S, S. M., & Vazquez-Arista, M. (1994a). Field and post-maturation infestation of maize by stored product insects in Mexico. *Journal Stored Products*, 30, 1-8.
- Uhruh, L. M., Xu, R., & Kramer, K. J. (2016). Benzoquinone levels as a function of age and gender of the red flour beetle, tribolium castaneum. *Journal of the stored products research*, 69, 7-13.
- Unruh, L. M., Xu, R., & Kramer, K. J. (1998). Benzoquinone levels as a function of age and gender of the red flour beetle, Tribolium castaneum. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 28(12), 969-977.
- Wagenigen UR. (2015). *Wageningen UR Laboratory of entomology*. Obtido em Março de 2016, de <http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology.htm>
- Wagh, V. D., & Deore, B. R. (s.d.). Ready to Use Therapeutic Food (RUTF): An Overview. *Advances in life science and health*, pp. 1-16.
- WHO. (2007). *Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition*. Suíça: WHO - World Heath Organization.
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z., & Zhiyong, C. (2010). Review of the nutritive value of edible insects. Em P. B. Durst, D. V. Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono (Edits.), *Edible Insects: Humans Bite Back* (pp. 85-92). Tailândia : FAO.

Yang, L.-f., Siriamornpun, S., & Li, D. (2006). Polyunsaturated fatty acid content of edible insects in Thailand.

Yaqubi, M., Shahraki, J., & Sabouni, M. S. (Fevereiro de 2016). On dealing with the pollution costs in agriculture: A case of study of paddy fields. *Science of the total environment*, pp. 310-318.

Yezerksi, A., Glimor, T. P., & Stevens, L. (2004). Genetic Analysis of Benzoquinone Production in *Tribolium confusum*. *Journal of Chemical Ecology*, 30(5), 1035-1044.