



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**FACULDADE DE FARMÁCIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS**

**KODJOVI AYENA**

**INFLUÊNCIA DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA DE**  
*Zophobas atratus* : **DESEMPENHO DE CRESCIMENTO E**  
**BIOINCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS**

**UFBA**

SALVADOR

2025



**KODJOVI AYENA**



**INFLUÊNCIA DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA DE *Zophobas*  
*atratus* : ASPECTOS DE PRODUÇÃO E BIOINCORPORAÇÃO  
DE COMPOSTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PGAli) da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Prof. Dr. Marcelo Andrés Umsza Guez

***Orientador***

Prof. Dra. Carolina de Souza Oliveira

***Coorientadora***

SALVADOR

2025

**KODJOVI AYENA**

**INFLUÊNCIA DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA DE**  
*Zophobas atratus* : **ASPECTOS DE PRODUÇÃO E**  
**BIOINCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS**

A Comissão Julgadora dos trabalhos de defesa de Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado do candidato *Kodjovi Ayena*, em sessão pública realizada em 17/03/2025.

---

**Prof. Dr. Marcelo Andrés Umsza Guez (Orientador)**

Faculdade de Farmácia

Universidade Federal da Bahia (UFBA, Salvador, BA)

---

**Prof. Dr. Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro (Membro interno)**

Faculdade Medicina Veterinária

Universidade Federal da Bahia (UFBA, Salvador, BA)

---

**Prof. Dr. Lucas Guimarães Cardoso (Membro externo)**

Escola Politécnica da UFBA

Universidade Federal da Bahia (UFBA, Salvador, BA)

Salvador, 20 de março de 2025.

## Resumo

Diante do rápido crescimento da população mundial, como alerta a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, é cada vez mais importante buscar novas fontes de alimento. O consumo de insetos, como larvas de besouros, grilos, formigas e moscas, já faz parte da alimentação em várias culturas e surge como uma alternativa viável. Além de serem ricos em proteínas e lipídios, os insetos têm baixo custo de produção e menor impacto ambiental, tornando-se uma opção sustentável para a obtenção de proteína animal. Dessa forma, este estudo tem como objetivo investigar o impacto de três dietas distintas – compostas 100% por resíduos de uva, 100% beterraba e 100% batata – no desempenho de crescimento e na composição química das larvas de *Zophobas atratus*. Para isso, foram avaliados parâmetros zootécnicos, a composição centesimal das larvas e o trânsito de biocompostos da dieta, relacionando sua quantificação na alimentação, nas larvas e nas fezes. Além disso, foram realizadas análises para quantificar a atividade antioxidante e os compostos fenólicos individuais, bem como verificar a influência da dieta no perfil de ácidos graxos das larvas. A dieta de beterraba mostrou-se mais eficiente para o crescimento, com uma alta conversão alimentar (ECA) de 119,09%, enquanto o resíduo de uva apresentou uma taxa de conversão alimentar (TCA) de 2,65%. No aspecto nutricional, a dieta de batata favoreceu o acúmulo de lipídios nas larvas (52,73%), enquanto beterraba e uva proporcionaram um perfil proteico de 56,22% e 54,43%, respectivamente. Em relação aos ácidos graxos, as larvas alimentadas com beterraba apresentaram uma relação ômega-6/ômega-3 mais alta (42,22%), enquanto aquelas alimentadas com resíduo de uva mantiveram uma relação mais equilibrada (20,64%) sugerindo que a dieta de uva contribui para um perfil lipídico mais saudável. A dieta de uva também apresentou melhor relação entre lipídios poli-insaturadas e saturadas (PUFA/SFA de 0,67), o que é benéfico do ponto de vista nutricional. As larvas alimentadas com resíduo de uva e beterraba tiveram maiores concentrações de compostos fenólicos (3,16mg/g e 3,94mg/g) e atividades antioxidantes (DPPH 187,59mgGAE/g, ABTS 12,01 mgTE/g; DPPH 270,23 mgGAE/g, ABTS 12,58 mgTE/g), respectivamente; e também observou-se que, na maioria dos compostos analisados, a concentração nas fezes foi maior do que no substrato, indicando uma possível acumulação apesar da absorção desses compostos pelas larvas. O estudo mostrou que os resíduos agroindustriais usados como substrato para larvas de *Zophobas atratus* aumentaram compostos bioativos, como fenólicos totais e betalainas, reforçando suas propriedades antioxidantes.

**Palavras-chave:** Insetos comestíveis; larvas de farinha; antioxidante, composto fenólicos, novos alimentos; bioconversão, biodisponibilidade.

## ABSTRACT

With the rapid growth of the global population, as highlighted by the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the search for new food sources is becoming increasingly important. The consumption of insects, such as beetle larvae, crickets, ants, and flies, is already part of the diet in various cultures and is emerging as a viable alternative. In addition to being rich in proteins and lipids, insects have low production costs and a smaller environmental footprint, making them a sustainable option for obtaining animal protein. This study aims to investigate the impact of three distinct diets—composed entirely of grape residue, beetroot, or potato—on the growth performance and chemical composition of *Zophobas atratus* larvae. To achieve this, zootechnical parameters, the proximate composition of the larvae, and the transit of bioactive compounds from the diet were evaluated by quantifying their presence in the feed, larvae, and feces. Additionally, analyses were conducted to measure antioxidant activity and individual phenolic compounds, as well as to assess the influence of diet on the larvae's fatty acid profile. The beetroot diet proved to be the most efficient for growth, with a high feed conversion efficiency (FCE) of 119.09%, while the grape residue diet had a feed conversion ratio (FCR) of 2.65%. From a nutritional perspective, the potato diet promoted lipid accumulation in the larvae (52.73%), whereas the beetroot and grape residue diets resulted in protein contents of 56.22% and 54.43%, respectively. Regarding fatty acids, larvae fed with beetroot showed a higher omega-6/omega-3 ratio (42.22%), while those fed with grape residue maintained a more balanced ratio (20.64%), suggesting that the grape diet contributes to a healthier lipid profile. The grape residue diet also exhibited a better polyunsaturated-to-saturated fat ratio (PUFA/SFA of 0.67), which is considered beneficial from a nutritional standpoint. Larvae fed with grape residue and beetroot had higher concentrations of phenolic compounds (3.16 mg/g and 3.94 mg/g) and antioxidant activities (DPPH 187.59 mg GAE/g, ABTS 12.01 mg TE/g; DPPH 270.23 mg GAE/g, ABTS 12.58 mg TE/g), respectively. Additionally, in most of the compounds analyzed, their concentration in feces was higher than in the substrate, indicating potential accumulation despite the absorption of these compounds by the larvae. The study demonstrated that agro-industrial residues used as substrates for *Zophobas atratus* larvae enhanced bioactive compounds, such as total phenolics and betalains, reinforcing their antioxidant properties.

**Keywords:** *Edible insects; mealworm larvae; antioxidants; phenolic compounds; novel foods; bioconversion; bioavailability.*

## LISTA DE FIGURAS

<b><i>DISSERTAÇÃO – INFLUÊNCIA DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA DE</i></b>	<b>1</b>
<b><i>Zophobas atratus : ASPECTOS DE PRODUÇÃO E BIOINCORPORAÇÃO DE</i></b>	
<b><i>COMPOSTOS.....</i></b>	
Figura 1 Ciclo de vida de <i>Zophoba atratus</i> .....	13
Figura 2 Larvas de <i>Zophobas atratus</i> . .....	14
Figura 3 Bagaço de uva .....	19
 <b><i>Manuscrito: IMPACTO DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA ALTERNATIVA DE</i></b>	 <b>30</b>
<b><i>Zophobas atratus : ASPECTOS DE PRODUÇÃO E BIOINCORPORAÇÃO DE</i></b>	
<b><i>COMPOSTOS.....</i></b>	
Figura 1 As larvas de <i>Zophobas atratus</i> liofilizadas a pois 49 dias alimentadas com	63
resíduo de uva (A), beterraba (B) e Batata (C) .....	

## LISTA DE TABELAS

<b><i>DISSERTAÇÃO – INFLUÊNCIA DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA DE <i>Zophobas atratus</i> : ASPECTOS DE PRODUÇÃO E BIOINCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS</i></b> .....		<b>1</b>
Tabela 1	Insetos comestíveis aprovados para consumo humano na União Europeia.....	12
Tabela 2	Composição de macronutrientes de insetos comestíveis .....	15
 <b><i>Manuscrito: IMPACTO DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA ALTERNATIVA DE <i>Zophobas atratus</i> : ASPECTOS DE PRODUÇÃO E BIOINCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS</i></b> .....		<b>30</b>
Tabela 1	Caracterização físico-química de larvas de <i>Zophobas atratus</i> alimentadas com resíduo de uva, beterraba e batata por 49 dias.....	58
Tabela 2	Comparação do perfil de ácidos graxos (% área) de amostras de larvas de <i>Zophobas atratus</i> alimentadas com resíduo de uva, beterraba e batata por 49 dias.....	59
Tabela 3	Fenólicos totais e antioxidantes dos substratos, larvas e fezes de <i>Zophobas atratus</i> alimentadas com resíduo de uva, beterraba e batata por 49 dias .....	60
Tabela 4	Composição Fenólica (mg/g da massa seca) dos substratos, fezes e larvas de <i>Zophobas atratus</i> alimentadas com resíduo de uva, beterraba e batata por 49 dias .....	61
Tabela 5	Somatória de compostos fenólicos (mg/g da massa seca) identificados e quantificados nos substratos, nas fezes e nas larvas de <i>Zophobas atratus</i> alimentadas com resíduo de uva, beterraba e batata por 49 dias .....	62
Tabela 6	Avaliação colorimétrica (L*, a*, b*, c* e h*) das larvas alimentadas com substratos de uva, beterraba e batata. ....	63

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

Ant	Antocianinas,
Bet	Betalaínas.
ECA	Eficiência de conversão alimentar
Est	Estilbenos,
Fva	Flavanols,
Fvo	Flavonols,
MUFA	Ácidos graxos monoinsaturados
n-3	Ácidos graxos da série n-3
n-6	Ácidos graxos da série n-6
nd	Não detectável.
Ph	Ácido fenólico
PUFA	Ácidos graxos poli-insaturados
SFA	Ácidos graxos saturados
TCA	Taxa de conversão alimentar
TM	Taxa de mortalidade

## SUMÁRIO

<i>DISSERTAÇÃO – INFLUÊNCIA DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA DE</i>	<b>1</b>
<i>Zophobas atratus: ASPECTOS DE PRODUÇÃO E BIOINCORPORAÇÃO DE</i>	
<i>COMPOSTOS.....</i>	
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>6</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
<b>5.1 Manuscrito: IMPACTO DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA ALTERNATIVA</b>	<b>30</b>
<i>DE Zophobas atratus: ASPECTOS DE PRODUÇÃO E BIOINCORPORAÇÃO</i>	
<i>DE COMPOSTOS.....</i>	
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA.....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As projeções das Nações Unidas indicam que a população mundial alcançará quase 11 bilhões de pessoas na Terra em 2100, cerca de 3 bilhões de pessoas a mais do que em 2021 (UNITED NATIONS, 2019a). Essa expansão populacional resultará em uma demanda por alimentos que excederá, significativamente, as capacidades de produção atuais. Esse cenário sugere uma potencial falta de segurança alimentar em um ambiente com recursos cada vez mais escassos e limitados (WU et al., 2020). Diante desse desafio, os sistemas de produção de alimentos tradicionais podem não ser capazes de fornecer, de forma sustentável, a proteína animal convencional necessária para a população projetada, especialmente em um contexto de mudanças climáticas (ALEXANDRATOS, 2012; COLLINS; VASKOU; KOUNTOURIS, 2019; WHITE; HALL, 2017). Nesse contexto, os insetos emergem como uma possível alternativa para suprir as necessidades alimentares de uma população em crescimento (EILENBERG; VAN LOON, 2018; MCGUIRE, 2015; VAN HUIS, et al., 2013).

Nos últimos anos, os insetos têm recebido atenção crescente como um recurso alimentar sustentável, rico em macro e micronutrientes, como vitaminas e minerais (OJHA et al., 2021; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013a; VAN HUIS et al., 2021). Além disso, a criação de insetos apresenta menor impacto ambiental e um melhor aproveitamento dos recursos naturais em comparação à criação convencional de animais como bovinos, suínos e aves (GOVORUSHKO, 2019; OONINCX; DE BOER, 2012). A produção de inseto também contribui para uma alimentação mais sustentável e inovadora com menor emissão de gases de efeito estufa, alta eficiência na conversão alimentar, e benefícios econômicos e ecológicos (BEDNÁŘOVÁ et al., 2013a; KIM et al., 2022; SUN YOUNG KIM et al., 2017). O relatório FAO de 2013 sobre o consumo global de insetos foi um marco importante, pois impulsionou à aceitação de insetos comestíveis na sociedade industrial (VAN HUIS, et al., 2013). Embora os produtos à base de insetos ainda não tenham se popularizado mundialmente, tendências recentes mostram um aumento global tanto no número de empresas dedicadas à produção de insetos quanto no número de consumidores. (PIPPINATO et al., 2020; WADE; HOELLE, 2020).

Os insetos apresentam quantidades expressivas de aminoácidos essenciais, fibras alimentares, ácidos graxos poliinsaturados como ômega 3, 6 e 9, micronutrientes, vitaminas A, C, E e do complexo B. Em comparação com as proteínas de origem vegetal e animal convencionais, as proteínas de insetos contêm uma grande proporção (50%–80%) de proteínas de alta qualidade, levando em conta o valor nutricional, conteúdo total de proteínas e o perfil

de aminoácidos essenciais. Em alguns casos, esses insetos podem ter até 30% mais teor proteico do que fontes convencionais (FINKE, 2015; KOSEČKOVÁ et al., 2022; NOWAK et al., 2016; SPIEGEL; NOORDAM; FELLS-KLERX, 2013). As *Tenebrio molitor* L (verme-da-farinha), por exemplo, são geralmente ricas em proteínas (30–65% da matéria seca), carboidratos (2,2–11,5% da matéria seca), lipídio (10–30% da matéria seca) e particularmente ricas em ácidos graxos insaturados (OJHA et al., 2021; SON et al., 2021). Os valores nutricionais variam conforme a espécie, as condições de criação, o ambiente, a dieta e o estágio de desenvolvimento (KOUŘIMSKÁ; ADÁMKOVÁ, 2016; MORUZZO; MANCINI; GUIDI, 2021; PAYNE et al., 2016; YI et al., 2013). Os insetos comestíveis têm um valor nutritivo muito diverso, especialmente devido à sua altíssima diversidade de espécies. O conteúdo nutricional varia mesmo dentro de grupos de insetos semelhantes, dependendo da sua origem, estágio do ciclo de vida e alimentação (FINKE; OONINCX, 2023). No entanto, a indústria de insetos ainda enfrenta desafios como a redução de custos de produção, facilitação de certificações e regulamentações, além da falta de trabalho sistemático para garantir a segurança, prazo de validade, padronização e controle de qualidade da criação. Esses fatores limitam o desenvolvimento do mercado global de insetos (LÄHTEENMÄKI-UUTELA; MARIMUTHU; MEIJER, 2021; MONTANARI; PINTO DE MOURA; CUNHA, 2021; TAE-KYUNG KIM et al., 2019).

Entre as espécies mais estudadas como alternativa alimentar, além da mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), destacam-se as larvas menor-da-farinha (*Alphitobius diaperinus*), as larvas da mosca-doméstica (*Musca domestica* L.), as larvas da-farinha-amarela (*Tenebrio molitor* L.), larvas-da-gigante-da-farinha (*Zophobas atratus* Fabricius) além de várias espécies de gafanhotos e grilos (CORTES ORTIZ et al., 2016; MONTANARI; PINTO DE MOURA; CUNHA, 2021; PIPPINATO et al., 2020; VAN BROEKHOVEN et al., 2015). Atualmente, a criação de *T. molitor* varia de métodos manuais, em pequena escala, a processos automatizados em larga escala. Praticamente todas as etapas, desde a criação de insetos até a produção de alimentos comestíveis, envolvem preocupações com a economia, segurança alimentar e qualidade nutricional (CORTES ORTIZ et al., 2016; EFSA et al., 2021; KRÖNCKE et al., 2020; NAVA et al., 2020; SCHRÖGEL; WÄTJEN, 2019). A Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), por meio do regulamento 2015/2283, avaliou positivamente três tipos de insetos para consumo humano, incluindo as larvas de *Tenebrio molitor* L., Coleoptera: Tenebrionidae (EFSA et al., 2021).

O *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) assim como o *Tenebrio molitor* L., é um inseto comestível da mesma família. Destaca-se pelo alto valor nutricional, com excelente digestibilidade e taxa de conversão alimentar. Devido sua grande capacidade de adaptação, o *Z. atratus* se desenvolve bem em diferentes sistemas de produção e com diversas fontes de alimentos como resíduos agroindustriais, tornando a sua produção mais sustentável. A produção de insetos utilizando subprodutos agroindustriais se insere na economia circular, ajudando a resolver o problema do desperdício alimentar, que tem impactos ambientais e socioeconômicos negativos, além de reduzir a pressão sobre demanda por rações à base de soja, trigo e milho, usadas tanto na nutrição animal quanto humana (MLCEK et al., 2019; OONINCX et al., 2015; VAN BROEKHOVEN et al., 2015). No entanto, uma ampla variedade de variáveis precisa ser investigada para otimizar sua produção e consumo.

A análise da composição centesimal, ácidos graxos, bioacumulação de compostos bioativos e capacidade antioxidante de organismos como as larvas de *Zophobas atratus* revela seu potencial como uma fonte alimentar funcional e sustentável (EFSA et al., 2021; KRÖNCKE et al., 2020). A composição centesimal fornece informações detalhadas sobre os macronutrientes essenciais, enquanto o perfil de ácidos graxos, especialmente a presença de insaturados, destaca os benefícios para a saúde cardiovascular e celular (FERRER-GALLEGO; SILVA, 2022; KRUK et al., 2022). Além disso, a bioacumulação de compostos bioativos, como fenólicos totais e betalaínas, em organismos alimentados com resíduos agroindustriais específicos, demonstra a capacidade desses organismos de integrar nutrientes de forma eficiente em seu metabolismo.

A maioria dos estudos envolvendo *Z. atratus* para alimentação concentra-se nas condições de crescimento, investigando variáveis como temperatura, umidade, fotoperíodo e dieta. A dieta, em particular, é uma das principais fontes de variação no crescimento larval (KIM et al., 2015). No entanto, até o momento, não foram encontrados estudos focados na bioacumulação nutricional proveniente da alimentação. Diante disso, este estudo teve como objetivo de investigar o impacto de três dietas distintas – à base de 100% de resíduos de uva, 100% de beterraba e 100% de batatas - no perfil de crescimento e nutricional das larvas de *Zophobas atratus*, avaliando se há bioacumulação de compostos associados à dieta, assim como, verificar o perfil antioxidante e bioativa dos insetos produzidos. Outro parâmetro avaliado foi as características bioativas das fezes desses insetos. Esse conhecimento é essencial para otimizar a produção e atender ao mercado emergente de consumo de insetos como fonte sustentável de alimentos.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de dietas exclusiva no desempenho de crescimento, composição centesimal e bioativa de larvas de *Zophobas atratus*.

### 2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Avaliar o desempenho de crescimento e eficiência de conversão alimentar das larvas de *Zophobas atratus* alimentadas com dietas específicas (100% resíduos de uva, 100% beterraba e 100% batata), durante 49 dias
- ❖ Verificar a composição centesimal das larvas ao final do período de crescimento em função de cada dieta utilizada;
- ❖ Determinar o perfil de ácidos graxos das larvas após o período de criação, identificar o potencial das larvas como fonte de lipídios saudáveis;
- ❖ Identificar e quantificar compostos fenólicos individuais por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) nas larvas, nas dietas e nas fezes;
- ❖ Quantificar betalaínas (betacianinas e betaxantinas) na dieta a base de beterraba, bem como nas larvas e fezes oriundas dessa produção;
- ❖ Determinar os fenólicos totais e a atividade antioxidante nas larvas, fezes e dietas, com o objetivo de compreender a influência e distribuição (bioacumulação) dos compostos bioativos.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

- **Alimentos alternativos**

A produção sustentável e suficiente de alimentos é um dos maiores desafios do nosso tempo, considerando tanto a qualidade quanto a quantidade necessária para atender às crescentes demandas globais. Este cenário é impulsionado pelo acelerado crescimento populacional, com estimativas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) indicando que até 2050 a população mundial atingirá cerca de 9 bilhões de pessoas (UNITED NATIONS, 2019b). No entanto, a produção de alimentos pode não acompanhar esse ritmo de crescimento, gerando maior pressão sobre os já limitados recursos naturais, como água e energia, além de intensificar os impactos ambientais.(FAO, 2015; GUSTAVSSON; CEDERBERG; SONESSON, 2013; UNDESA, 2024)

Além disso, o crescimento populacional e a conseqüente necessidade de atender a uma demanda maior por proteínas de origem animal apresentam desafios relacionados à sustentabilidade das práticas agrícolas e alimentares. O consumo excessivo de proteínas animais está frequentemente associado a impactos ambientais significativos, como desmatamento e emissões de gases de efeito estufa (BEDNÁŘOVÁ et al., 2013a; GOVORUSHKO, 2019; OONINCX; DE BOER, 2012; SUN YOUNG KIM et al., 2017) Por isso, é essencial explorar alternativas que atendam às necessidades nutricionais de forma responsável e sustentável. Uma dessas alternativas é a alimentação alternativa, que propõe a inclusão de produtos não convencionais na dieta. A entomofagia, ou consumo de insetos, se vê como uma das soluções mais promissoras, tanto do ponto de vista nutricional quanto ambiental. Essa prática já é comum em vários países do mundo (LUCAS et al., 2020; TAE-KYUNG KIM et al., 2019). Os insetos são consumidos de diferentes maneiras por cerca de 2 bilhões de pessoas, predominantemente em partes da Ásia, África e América Latina, com mais de 2.100 espécies já catalogadas como comestíveis (JONGEMA, 2017). Nos países ocidentais, a entomofagia começou a ganhar popularidade há alguns anos, que veem nos insetos comestíveis uma fonte sustentável de proteínas (OMUSE et al., 2024), alguns insetos comestíveis aprovados para consumo humano na União Europeia são listado na tabela 1. Atendendo à crescente demanda por alimentos mais sustentáveis, a produção em larga escala de insetos para alimentação humana e animal está prevista para crescer exponencialmente nos próximos anos, oferecendo uma alternativa viável e menos impactante em comparação à produção tradicional

de carne. (EILENBERG; VAN LOON, 2018; MCGUIRE, 2015; OJHA et al., 2021; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013a).

Tabela 1- Insetos comestíveis aprovados para consumo humano na União Europeia.

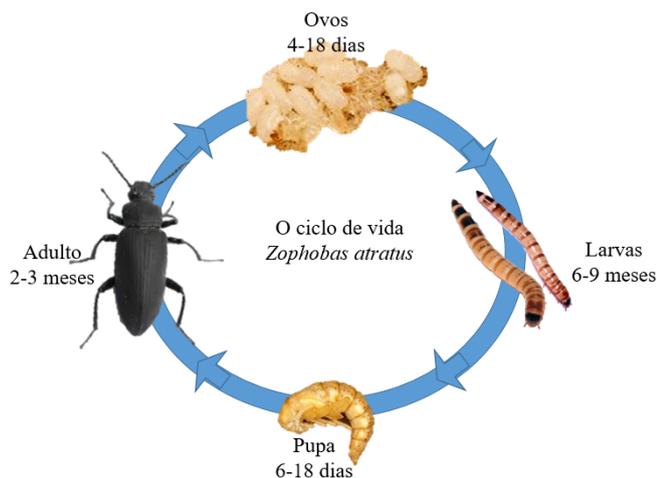
<b>Ordem</b>	<b>Família</b>	<b>Espécies</b>	<b>Nome comum</b>
Coleópteros	Tenebrionidae	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva da farinha amarela.
Coleópteros	Tenebrionidae	<i>Zophobas atratus</i>	Larva de farinha gigante.
			Larva da farinha menor
Coleópteros	Tenebrionidae	<i>Alphitobius diaperinus</i>	Besouro da cama; Verme búfalo.
Dípteros	Stratiomyidae	<i>Hermetia illucens</i>	Mosca soldado negra.
Himenópteros	Formicidae	<i>Atta laevigata</i>	Formiga cortadeira
Lepidópteros	Pyralidae	<i>Galeria mellonella</i>	Traça-de-cera-maior
Ortópteros	Gryllidae	<i>Acheta Domesticus</i>	Grilo doméstico.
			Grilo tropical;
Ortópteros	Gryllidae	<i>Gryllodes Sigiloso</i>	Grilo indiano; Grilo de faixa.
Ortópteros	Acridídeos	<i>Locusta migratória</i>	Gafanhoto migratório africano; gafanhoto migratório europeu.

**Fonte:** Adaptada de (CONWAY; JAISWAL; JAISWAL, 2024; GAROFALO et al., 2019; GOVORUSHKO, 2019; JONGEMA, 2017; SEO et al., 2017; TOTI et al., 2020; VAN HUIS, 2021; WANG; SHELOMI, 2017; ZIELIŃSKA; KARAŚ; BARANIAK, 2018)

Algumas espécies de insetos estão ganhando destaque como fonte de proteína alimentar, especialmente após Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) desempenhar um papel relevante ao avaliar positivamente, por meio do regulamento 2015/2283, atualizado com o Regulamento (UE) 2021/1372 (EFSA et al., 2021; EU, 2017). Esses insetos podem substituir parcialmente os ingredientes proteicos (HARSÁNYI et al., 2020), por serem uma fonte completa de proteínas digestíveis, aminoácidos essenciais (MALLA et al., 2022) e gorduras. As larvas da farinha, são aprovadas pela União Europeia para consumo humano, são das espécies mais promissoras. Com ciclo de vida curto (figura 1) e capacidade de se alimentar de diferentes dietas, espécies como *Zophobas atratus*, *Tenebrio*

*molitor* e *A. diaperinus* são fáceis de criar (BORDIEAN et al., 2020a). Além disso, sua baixa umidade facilita o processamento para a fabricação de farinhas proteicas, o que pode aumentar a aceitação do consumo de insetos (BEDNÁŘOVÁ et al., 2013b; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013b)

Figura 1 - Ciclo de vida de *Zophobas atratus*



Fonte: autor (2025) (ZAMAN et al., 2024)

As espécies de insetos que têm maior potencial para serem consumidas são a maior parte das ordens de dípteros, himenópteros, lepidópteros, ortópteros e coleópteros (tabela 1). Os insetos como besouro de lixo (*Alphitobius diaperinus*), besouro fungo preto (*Alphitobius laevigatus*), gorgulho da palmeira (*Rhynchophorus ferrugineus*) larva da farinha amarelo (*Tenebrio molitor*) e larva de farinha gigante (*Zophobas atratus*) (figura 2), todos da ordem coleópteros, se caracterizam pelo alto valor nutricional, podem ser consumidas inteiras ou moídas, e também podem ser incorporadas a outros alimentos processados (CORTES ORTIZ et al., 2016; MONTANARI; PINTO DE MOURA; CUNHA, 2021; ORDOÑEZ-ARAQUE; EGAS-MONTENEGRO, 2021; PATEL; SULERIA; RAUF, 2019; PIPPINATO et al., 2020; VAN BROEKHOVEN et al., 2015).

Figura 2 - Larvas de *Zophobas atratus*

Fonte: Acervo do autor (2023)

Atualmente, a criação de insetos varia desde métodos manuais e em pequena escala até processos altamente automatizados em larga escala. Todas as etapas do processo, desde o cultivo dos insetos até a produção de alimentos comestíveis, envolvem importantes considerações relacionadas à economia, segurança alimentar e qualidade nutricional. (CORTES ORTIZ et al., 2016; EFSA et al., 2021; KRÖNCKE et al., 2020; NAVA et al., 2020; SCHRÖGEL; WÄTJEN, 2019).

Os insetos comestíveis apresentam vantagens significativas, como serem uma fonte completa de proteínas de alta qualidade (50%–80%) (tabela 2) em comparação com as proteínas de origem vegetal e animal convencionais, além de fornecerem gorduras saudáveis, fibras, vitaminas e minerais como ferro e cálcio (FINKE, 2015; KOSEČKOVÁ et al., 2022; NOWAK et al., 2016; SPIEGEL; NOORDAM; FELS-KLERX, 2013; TRAYNOR et al., 2024). Depois das proteínas, os lipídios são o segunda mais significativa entre os macronutrientes encontrados em insetos comestíveis, sendo os ácidos graxos insaturados predominantes em relação aos ácidos graxos saturados (TZOMPA-SOSA et al., 2014). No entanto, essa proporção pode variar conforme a espécie de inseto, o estágio de desenvolvimento, a dieta, os fatores ambientais e o fato de serem insetos selvagens ou cultivados (SUN YOUNG KIM et al., 2015). Os estudos apontam altos níveis de ácido oleico e palmítico em espécies como *Tenebrio molitor* e *Acheta domesticus*, enquanto a espécie *Hermetia illucens* apresenta maior concentração de ácido láurico e um nível médio de ácidos graxos saturados (OGNIK et al., 2020; OTERO et al., 2020). A relação entre os ácidos graxos insaturados e saturados desempenha um papel importante em atividades biológicas. Uma proporção de ácidos graxos poli-insaturados para aos ácidos graxos saturados de 0,45 ou mais pode contribuir para a prevenção doenças (SON et al., 2020; WOOD

et al., 2004). Essa composição é mais semelhante ao perfil de óleos vegetais do que ao de gorduras de origem animal, destacando as vantagens nutricionais dos lipídios presentes em insetos comestíveis (SON et al., 2020).

Tabela 2- Composição de macronutrientes de insetos comestíveis

Ordem	Família	Inseto 100 g	Proteína	Lipídeo	Fibra
Ortópteros	Gryllidae	<i>Acheta domesticus</i>	55,40 - 64,10%	19,80 - 24%	6,20%
Ortópteros	Acridídeos	<i>Acrida exaltada</i>	64,46%	7,07%	7,73%
Ortópteros	Acridídeos	<i>Arphia fallax</i>	71,30%	6,52%	11,58%
Ortópteros	Acridídeos	<i>Melanoplus fêmurubrum</i>	77%	4,20%	12,10%
Coleópteros	Tenebrionidae	<i>Tenebrio molitor</i>	53 - 60,20%	20,80 - 36,70%	5,10 - 16,30%
Hemiptera	Coreidae	<i>Pachylis gigas</i>	63 - 65%	19 - 26%	5 - 10%
Lepidópteros	Eribidae	<i>Latebraria amphipyrioides</i>	57%	7%	29%
Lepidópteros	Notodontidae	<i>Anaphe venata</i>	60,03%	23,22%	2,30%

**Fonte:** Adaptada de (CONWAY; JAISWAL; JAISWAL, 2024; FINKE, 2015; HALLORAN et al., 2018; KOSEČKOVÁ et al., 2022; NOWAK et al., 2016; SEO et al., 2017; TRAYNOR et al., 2024; ZHOU et al., 2022)

Os insetos podem ser consumidos em diferentes estágios de vida, como larvas ou adultos, o que amplia seu potencial como uma fonte versátil e sustentável (CASTRO et al., 2018). Um ponto positivo de importância ambiental é a capacidade dos insetos de converter resíduos orgânicos em proteínas de alta qualidade, reduzindo a pegada ambiental e as emissões de gases de efeito estufa (BILALI, 2018; HENCHION et al., 2017) além de alternativa nutricional em comparação aos animais de produção convencional. Segundo Oonincx et al. (2015), o *Tenebrio molitor* apresenta uma taxa de conversão alimentar de 3,4 g/g, superando os valores de suínos (5,4 g/g) e bovinos (10,0 g/g), enquanto o frango apresenta 2,5 g/g (BORDIEAN et al., 2020b). Além disso, a porção comestível de alguns insetos, como a larva-da-farinha, é cerca de 50% maior do que a de aves e suínos, tornando-os uma fonte de alimento mais eficiente (BORDIEAN et al., 2020a; DE VRIES; DE BOER, 2010). Além disso, a prática da agricultura vertical, em que os insetos são criados em camadas empilhadas, permite

maximizar a produção em espaços reduzidos, diminuindo a necessidade de terras aráveis, fazendo que o consumo de insetos se encaixa perfeitamente na sustentabilidade e a responsabilidade ambiental. Estudos mostram que essa abordagem pode oferecer rendimentos até dez vezes maiores do que métodos agrícolas tradicionais, com menor uso de água e recursos (ASSENG et al., 2020; YESİL; TATAR, 2020). Miglietta et al. (2015) mostraram que a pegada hídrica para produzir uma tonelada de insetos, como as larvas-da-farinha, é de apenas 4341 m<sup>3</sup>, comparada a 154115 m<sup>3</sup> para carne bovina, 5988 m<sup>3</sup> para carne suína e 4325 m<sup>3</sup> para frango (MIGLIETTA et al., 2015). Já Das et al. (2012) ressaltam que a produção animal convencional, como a avicultura, utiliza insumos que competem diretamente com a alimentação humana, pressionando os preços e a disponibilidade de recursos. (DAS; GANGULY; HALDAR, 2012). Paralelamente, o desperdício de alimentos continua sendo um problema significativo (KAZA et al., 2018; WORLD HEALTH ORGANIZATION et al., 2018).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), mais de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos são desperdiçados anualmente. Esse desperdício contribui significativamente para o impacto ambiental, resultando em uma emissão estimada de 3,3 bilhões de toneladas de dióxido de carbono a cada ano devido à produção de alimentos que não são consumidos (BHATTACHARYA; NAND; PRAJOGO, 2021; KAZA et al., 2018; WORLD HEALTH ORGANIZATION et al., 2018) Cerca de um terço de todos os alimentos produzidos anualmente no mundo é desperdiçado ou descartado (GUSTAVSSON; CEDERBERG; SONESSON, 2013). Além disso, estudos indicam que cerca de metade das emissões totais de gases de efeito estufa é causada pela perda e pelo desperdício de alimentos via um processo de decomposição anaeróbica (MIAN et al., 2017; ZHU et al., 2023; HASAN; LATEEF, 2024). Esse desperdício não se limita aos excedentes de alimentos, uma vez que a fome continua sendo uma realidade em várias partes do mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION et al., 2018). As causas desse problema vão além da simples sobra de alimentos e incluem a falta de conhecimento adequado, limitações técnicas nas etapas de colheita, processamento ineficiente e práticas inadequadas de consumo. Além disso, a falta de conscientização sobre a gestão eficiente de recursos também agrava a situação. Estima-se que aproximadamente 44% dos resíduos gerados sejam compostos por alimentos e resíduos verdes (KAZA et al., 2018). Esses dados reforçam a necessidade urgente de repensar práticas de consumo e produção para mitigar os impactos ambientais associados.

Assim, uma alternativa sustentável para reduzir o impacto ambiental é o reaproveitamento de resíduos agroindustriais, como cascas, sementes, caroços e polpas. Esses materiais, frequentemente descartados como lixo, representam uma grande fonte de contaminação ambiental devido à alta produção de resíduos orgânicos. No entanto, eles possuem alto valor nutricional e são ricos em compostos bioativos, (FILHO; FRANCO, 2015). Nesse contexto, uma solução promissora para reduzir perdas e aproveitar nutrientes é a bioconversão, um processo em que insetos desempenham um papel igualmente importante na biodegradação, transformam resíduos orgânicos em biomassa rica em nutrientes de forma sustentável (VAN HUIS, 2016). No contexto de uma economia circular, esses insetos podem ser utilizados tanto na alimentação humana quanto como ração para animais, contribuindo para uma abordagem mais sustentável (PLEISSNER; RUMPOLD, 2018). Essa prática não apenas minimiza o desperdício, mas também converte resíduos em recursos valiosos. Além disso, pesquisas recentes destacam a capacidade dos insetos de contribuir para a biodegradação de plásticos sintéticos, uma questão ambiental cada vez mais urgente (KUNDUNGAL et al., 2019).

O uso de resíduos orgânicos na alimentação de insetos apresenta uma abordagem eficiente para reduzir, reutilizar e reciclar materiais que seriam descartados (PRATHER; LAWS, 2018). Essa estratégia promove o gerenciamento sustentável de resíduos e, simultaneamente, possibilita a produção de alimentos com alto valor nutricional e baixo impacto ambiental (PARODI et al., 2018). Ao integrar práticas como essas, é possível enfrentar desafios relacionados à contaminação, ao desperdício e à demanda por alimentos de forma inovadora e responsável. Dessa forma, resíduos considerados problemáticos tornam-se uma oportunidade para promover sustentabilidade e inovação na cadeia produtiva alimentar.

- **Resíduos industriais e vegetais**

Aproximadamente um terço das partes comestíveis dos alimentos que são produzidos para consumo humano são perdidas ou desperdiçadas, globalmente, o que chega a 1,3 bilhão de toneladas anualmente e um custo de US\$ 750 bilhões por ano, como relatam dados da Organização para a Alimentação e Agricultura – FAO (GUSTAVSSON; CEDERBERG; SONESSON, 2011). A indústria agroalimentar é responsável por gerar grandes volumes de resíduos, sendo reconhecida como a segunda maior produtora de resíduos no meio ambiente, trazendo desafios ambientais consideráveis, além de acarretar perdas econômicas expressivas,

evidenciando a necessidade de estratégias mais eficientes e sustentáveis para a gestão desses subprodutos (SILVA et al., 2023). No passado, esses resíduos não eram valorizados e geralmente acabavam como ração animal, em aterros sanitários ou em compostagem. (SILVA et al., 2024).

Dessa forma, considerando o fato de que a geração de resíduos alimentares parece iminente, a gestão de resíduos alimentares tornou-se uma prioridade global, destacada no “Plano de Ação para a Economia Circular” da Comissão Europeia (EU, 2021). Como exemplo, a reutilização de resíduos orgânicos, incluindo a devolução de nutrientes ao solo por meio de fertilizantes sustentáveis e a recuperação de biomoléculas valiosas, em alinhamento com os objetivos da Agenda 2030 das Nações Unidas (GALANAKIS, 2020; GUERRINI et al., 2020). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) reforça a importância de práticas de consumo e produção mais responsáveis, incentivando a valorização de subprodutos agroindustriais (GALANAKIS, 2020). Isso inclui iniciativas como a redução de perdas após a colheita o uso de tecnologias avançadas para processamento eficiente e a recuperação de compostos bioativos para reutilização em diferentes setores (BUGAIAN; DIACONU, 2012; GUERRINI et al., 2020). Vários estudos têm demonstrado que os resíduos agroalimentares, vegetais, frutas, micro e macroalgas, entre outros, são fontes extraordinárias de compostos fenólicos (FERREIRA-SANTOS et al., 2020, 2021; GEADA et al., 2018; MÁRMOL et al., 2021).

Além disso, transformar resíduos em recursos valiosos apresenta benefícios ambientais e econômicos, contribuindo para processos mais sustentáveis e circulares (CORDELL, 2017), reduzindo simultaneamente a pegada ecológica (MAICAS; MATEO, 2020).

- **Resíduos industriais: Subprodutos de uvas:**

A indústria agroalimentar, uma das maiores geradoras de resíduos ambientais, enfrenta desafios significativos para lidar com seus subprodutos (SILVA et al., 2023). No setor vinícola, resíduos são representados por: resíduos orgânicos como bagaço de uva (contendo sementes, polpa e películas, engaços e folhas de uva) (figura 4), borras de vinho, emissão de gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, compostos orgânicos voláteis, etc.) e resíduos inorgânicos (terra diatomácea, argila bentonítica e perlite) (MAICAS; MATEO, 2020). O resíduos orgânicos possuem alto valor agregado, pois são ricos em compostos bioativos como flavonoides, ácidos fenólicos e estilbenos (FERREIRA-SANTOS et al., 2020; FERRER-GALLEGU; SILVA,

2022; SATERIALE et al., 2024a). Esses compostos são conhecidos por suas propriedades antioxidantes (FERREIRA-SANTOS et al., 2024), que ajudam a neutralizar radicais livres e a proteger as células contra danos causados pelo estresse oxidativo (CORDELL, 2017), citotóxica, anti-inflamatória e antimicrobiana (CAPONIO et al., 2022; MILINČIĆ et al., 2021; PEIXOTO et al., 2018). A Agenda 2030 das Nações Unidas incentiva a valorização desses subprodutos por meio da recuperação de compostos bioativos e sua reutilização em áreas como agricultura, cosméticos, alimentação, farmacêutica e biorrefinarias (BUGAIAN; DIACONU, 2012; GUERRINI et al., 2020). Com isso a indústria tem investido em tecnologias não térmicas que garantem a recuperação sustentável e economicamente viável de subprodutos (BUGAIAN; DIACONU, 2012), reduzindo custos associados a métodos convencionais de recuperação que demandam altos níveis energéticos e uso de solventes (BUBALO et al., 2018). Dessa forma, o aproveitamento desses subprodutos torna o setor vinícola mais sustentável e circular, promovendo a recuperação de materiais utilizáveis para uma ampla gama de aplicações como a agricultura, a cosmética, a farmacêutica, as biorrefinarias, a alimentação animal e a indústria alimentar (FERRER-GALLEGO; SILVA, 2022; SATERIALE et al., 2024b; SILVA et al., 2023). Assim, O reaproveitamento de resíduos da uva não só contribui para a redução de impactos ambientais, mas também cria oportunidades para o desenvolvimento de novas tecnologias e modelos econômicos que promovem a sustentabilidade em diferentes setores (HE et al., 2012; KUNDUNGAL et al., 2019).

Figura 4 - Bagaço de uva



*Fonte: Acervo do autor (2023)*

○ **Resíduos vegetais : Beterraba e Batata:**

O aumento na produção e no consumo global de alimentos tem resultando em uma maior geração de resíduos, levando a perdas significativas de recursos e impactos ambientais relevantes (GUSTAVSSON; CEDERBERG; SONESSON, 2011). De acordo com a FAO, frutas, vegetais, raízes e tubérculos estão entre os alimentos com as maiores taxas de desperdício (ŠOŠTARIĆ et al., 2023). A ocorrência da perda e desperdício de alimentos varia conforme a região e o estágio da cadeia de suprimentos (WORLD HEALTH ORGANIZATION et al., 2018). Em países de renda média e alta, esses problemas são mais frequentes nas etapas de distribuição e consumo, enquanto, em países de baixa renda, predominam nas fases de produção e pós-colheita. Quanto mais tardio for o desperdício na cadeia de suprimentos, maior será o impacto ambiental, devido à soma das emissões geradas durante as etapas de produção, processamento e transporte.(SCHERHAUFER et al., 2018)

❖ **Beterraba**

Na indústria de refino de açúcar, a beterraba vermelha é amplamente utilizada para a extração de sacarose, gerando como subproduto a polpa de beterraba, geralmente empregada como ração animal ou na produção de biogás (ALMEIDA et al., 2020; DRANCA; MIRONEASA, 2024). No entanto, esse resíduo apresenta um potencial significativo para outros usos devido ao seu alto teor de compostos bioativos, como ácido fenólico e betalaínas, que possuem poderosa atividade antioxidante.(ALMEIDA et al., 2020; PRIETO-SANTIAGO et al., 2020).

A beterraba (*Beta vulgaris L. ssp*) é amplamente reconhecida por suas propriedades nutricionais e seus benefícios à saúde (CABAS; ICIER, 2021). Rica em betalaínas, fenóis, vitaminas do complexo B (B1, B2, B6, B12), carotenoides, folato e uma variedade de minerais(MOULICK et al., 2023; PUNIA BANGAR et al., 2022a), a beterraba se destaca por sua elevada atividade antioxidante, incluindo a capacidade de inibir a peroxidação lipídica (CHHIKARA et al., 2019; LIM, 2015; SARDANA et al., 2018). Seu perfil nutricional abrange uma ampla gama de minerais, como potássio, sódio, cálcio, magnésio, folatos, zinco e ferro, além de vitaminas como A, C, tiamina, niacina, riboflavina e ácido pantotênico (FARHAN et al., 2024). Além disso a beterraba também é uma fonte rica de compostos corantes benéficos à saúde, como carotenoides, betalaínas, betaxantinas (indicaxantina, violaxantina I e II) e betacianinas (betanina, iso-betanina, neo-betanina e pré-betanina) (FU et al., 2020),

reconhecidos por suas propriedades antivirais, antioxidantes e antibacterianas (FU et al., 2020; LIM, 2015). Ela contém ainda fitonutrientes bioativos, como ácidos fenólicos (rutina, epicatequina, hidrato de catequina, ácido p-cumárico, ácido cafeico e protocatecuico), flavonoides (betavulgarina, betagarina, diidroisorhamnetina e cocleofilina A) e saponinas (betavulgarosídeos e derivados do ácido oleanólico)(AKAN; TUNA GUNES; ERKAN, 2021; CHHIKARA et al., 2019; SARDANA et al., 2018). Esses compostos oferecem uma ampla gama de benefícios, incluindo atividades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias, anti-hipertensivas, anti-hiperglicêmicas, hepatoprotetoras e diuréticas (CHHIKARA et al., 2019; MOULICK et al., 2023; THIRUVENGADAM et al., 2024).

### ❖ Batata

A batata é considerada a terceira cultura alimentar mais importante no mundo, com uma produção global que alcançou cerca de 390 milhões de toneladas em 2021, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (BARAMPOUTI et al., 2021; SAMPAIO et al., 2020a)

O aumento na demanda por alimentos industrializados, como os oferecidos no setor de alimentícia, impulsionou o processamento industrial da batata, mas enfrenta perdas significativas devido a danos ocorridos nas etapas de colheita, transporte e armazenamento (RAY; RAVI, 2005), e gerando grandes volumes de resíduos. Esses resíduos podem representar entre 15% e 50% do produto bruto (BEN ATITALLAH et al., 2019; FAO, 2015; UDE; OLUKA; EZE, 2020). Essas perdas não apenas representam desperdício de alimentos (EBRAHIMIAN; DENAYER; KARIMI, 2022), mas também trazem desafios ambientais, uma vez que os resíduos gerados durante o processamento, como os provenientes da batata, possuem alta umidade, decomposição rápida e são difíceis de armazenar, contribuindo para a poluição ambiental e a perda de recursos (CHOHAN et al., 2020). Entre os principais subprodutos estão as cascas de batata e batata danificados, que são uma biomassa rica em nutrientes como amido, celulose, hemicelulose, lignina, fibras alimentares e proteínas (BEN ATITALLAH et al., 2019; CHOHAN et al., 2020; EBRAHIMIAN; DENAYER; KARIMI, 2022). Os estudos anteriores destacaram o potencial bioativo dos extratos de casca de batata, como propriedade antioxidante, anti-inflamatório (WAHYUDI et al., 2020), e antimicrobiano (JUNEJA et al., 2018). As Cascas de batata são fontes ricas em compostos bioativos devido aos seus altos teores em compostos fenólicos reconhecidos suas propriedades promotoras da saúde (SAMPALIO et

al., 2020b), além de fitoquímicos com atividades biológicas conhecidas, como ácidos fenólicos e flavonoides (SAMPAIO et al., 2021). O ácido clorogênico e seus isômeros e ácido cafeico aparecem como o principal composto fenólico na batata e na sua casa (RICIPUTI et al., 2018).

Com sua composição nutricional e bioativa rica, a beterraba e batata se apresentam como uma solução promissora para minimizar desperdícios, maximizar o aproveitamento de subprodutos e reduzir impactos ambientais, ao mesmo tempo em que promove benefícios significativos à saúde humana.(PUNIA BANGAR et al., 2022b) Além disso, transformar resíduos em recursos valiosos apresenta benefícios ambientais e econômicos, contribuindo para processos mais sustentáveis e circulares (CORDELL, 2017), reduzindo simultaneamente a pegada ecológica (MAICAS; MATEO, 2020). Estratégias voltadas para a valorização desses resíduos têm ganhado destaque por se alinharem aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas (OLIVEIRA et al., 2023). Essas iniciativas promovem práticas de economia circular e a produção de produtos com baixa pegada de carbono (CHATTERJEE; VENKATA MOHAN, 2021).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Insetos (*Zophobas atratus Fabricius*)

Utilizaram-se larvas de *Zophobas atratus Fabricius* (tenébrio gigante) compradas de produtor local nos seus primeiros estágios, Salvador-BA-Brasil, com tamanho entre 1 a 2 cm (0,05 g a 0,09 g).

### 4.2. Formulação da Dieta

As larvas foram alimentadas com 100% de resíduos de uva, variedade Alicante, pós-processo de vinificação, chamados de bagaço de uva (cascas, sementes e polpa remanescente), doado por vinícola do vale do São Francisco (Bahia); 100% de beterraba (*Beta vulgaris*) e 100% de batata (*Solanum tuberosum L.* Bat), simulando resíduos, compradas no mercado da cidade. As batatas e beterrabas foram cortadas em fatias de  $\pm 2$  mm, e posteriormente os substratos (resíduo de uva, beterrabas e batata) passaram por secagem em estufa com circulação forçada a 45-50°C durante 48 horas. A dieta foi fornecida em forma de fatia (não farelo) para minimizar a mistura de substrato com as fezes dos insetos.

### 4.3. Cultivo das Larvas

Anteriormente, as larvas foram submetidas a um período de jejum de 48 horas para garantir o esvaziamento do conteúdo intestinal. As larvas foram criadas em caixas plásticas lisas retangulares medindo 20 cm  $\times$  14 cm  $\times$  6 cm (comprimento  $\times$  altura  $\times$  largura), com abertura na parte superior (18 cm  $\times$  13 cm) e cobertas por uma tela (25 mesh) durante 49 dias (7 semanas) em temperatura média de  $26 \pm 1$  °C, umidade relativa do ar de  $51 \pm 4\%$  e fotoperíodo de 12L:12E. As larvas foram divididas em três grupos com 4 repetições de 150 larvas cada (3 x 4 x 150). O peso do substrato utilizado corresponde a duas vezes o peso das larvas. Como fonte de umidade, foi colocada gaze umedecida com água em placa de Petri e substituída a cada dois dias. Os grupos foram alimentados respectivamente com 100% de resíduos de uva pós-processo de vinificação (Uva), 100% de beterraba (Beterraba) e 100% de batata (Batata).

A cada sete dias, as larvas e as fezes foram separadas das dietas de forma manual, utilizando peneiras e pinças para minimizar resíduo de substrato misturado com as fezes. Em seguida, ambas foram pesadas em uma balança analítica para garantir medições precisas. Após

a pesagem, as larvas e as dietas foram devolvidas para as respectivas caixas. A dieta foi complementada para manter a proporção 2:1 de peso das larvas. As fezes separadas foram guardadas a -20 °C para análises posteriores. Após o período de 49 dias, as larvas foram coletadas e deixadas 24 horas de jejum, esvaziando completamente o trato gastrointestinal, pesadas, imediatamente congeladas (-80°C) e liofilizadas (Liofilizador L101, Liotop) por um período de 72h. Posteriormente, foram trituradas em moedor de grãos (marca Cadense) e a biomassa obtida armazenada em ultrafreezer (-80 °C) até o momento das análises.

#### **4.4. Desempenho de Crescimento e Conversão Alimentar**

O crescimento foi determinado conforme Zhang et al (ZHANG et al., 2019) com adaptações. A eficiência de conversão alimentar (ECA), taxa de conversão alimentar (TCA) e taxa de mortalidade (TM), expressos em base seca, foram calculados com base nas Eqs. 1 a 3 (VAN BROEKHOVEN et al., 2015; ZHANG et al., 2019).

O consumo individual médio foi calculado utilizando valores do consumo total da dieta (peso de substratos inicial – final.) / número das larvas durante os 49 dias do experimento.

1.  $ECA (\%) = \text{ganho de peso médio} / \text{consumo individual médio} \times 100$
2.  $TCA (g/g) = \text{consumo individual médio} / \text{ganho de peso médio}$
3.  $TM (\%) = \text{número de larvas mortas} / \text{número de larvas iniciais} \times 100$

#### **4.5. Composição centesimal das larvas após o final de crescimento**

Foram determinados os teores de umidade pelo método de secagem em estufa (marca Tecnal, TE-394/I) a 105°C por 12 h; resíduo mineral fixo (cinzas) em forno mufla a 550 °C por 6 h (AL-MENTAFJI, 2016); lipídeos totais pelo método Bligh & Dyer (BLIGH; DYER, 1959). O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990), sendo a biomassa de *Z. atratus* previamente desengordurada (MENDONCA, 2006). O valor de 6,25 foi utilizado como fator de conversão de nitrogênio para as dietas, e 4,76 para a biomassa de larvas (JANSSEN et al., 2017). As análises foram realizadas em base seca e em triplicata. Os valores de umidade para as larvas foram apresentados em base úmida. Os valores de carboidratos foram obtidos pelo método NIFEXT, no qual o resultado foi obtido em % pelo cálculo da diferença das outras frações analisadas (AOAC INTERNATIONAL, 1995).

#### **4.6. Perfil de ácidos graxos das larvas**

A identificação e quantificação de ácidos graxos nas larvas seguiu a metodologia proposta por Souza et al (SOUZA et al., 2017) Para tanto, uma alíquota dos lipídios totais foi submetida à reação de saponificação com solução metanólica de NaOH (0,5 N), seguida de metilação com BF<sub>3</sub> (12% em metanol) e extração com isoctano.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram separados em cromatógrafo a gás (Perkin Elmer Clarus 680) equipado com detector de ionização de chama e coluna DB - Fast FAME (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Os parâmetros de análise foram: temperatura do injetor 250 °C; temperatura do detector 280 °C; temperatura do forno programada para 60 °C por 0,5 minuto, aumentando 25 °C/min. até 194 °C; permanecendo nesta temperatura por 1 minuto, aumentando 5 °C/min. até 235 °C, e permanecendo nesta temperatura por 1 minutos. O hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL/min. e as injeções realizadas no modo split (1:50) com volume de 1µL. A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com o tempo de retenção de uma mistura de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (padrão mix C4-C24 189-19, Sigma Aldrich, EUA) e a quantificação por normalização de áreas. As análises foram realizadas em duplicata

#### **4.7. Compostos bioativos (fenólicos totais) e atividade antioxidante dos substratos, larvas e fezes.**

Para a análise de compostos fenólicos, foi utilizado o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, com adaptações propostas por Oliveira et al (OLIVEIRA et al., 2011) A extração foi realizada usando 10 mL de etanol a 70% como solvente para 1 grama de biomassa das larvas, os substratos e as fezes, todos foram desengordurados. Em seguida, foram adicionados 20 microlitros do extrato, 2,5 mL de reagente de Folin a 10% e 2 mL de carbonato de sódio a 7,5%. As análises de atividade antioxidante pelo método ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) foram realizadas conforme o método de Kanzler et al (KANZLER, C; SCHESTKOWA, H; HAASE, P.T, 2017) com modificações, utilizando uma solução de ABTS+ a 7 mM e uma solução de persulfato de potássio a 2,45 mM. A atividade antioxidante de eliminação de radicais livres DPPH foi analisada de acordo com o método relatado por Brand-Williams et al. (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995) com modificações propostas por Rufino et al. (RUFINO, M. DO S. M. et al., 2010): alíquotas de solução DPPH (0,06 mM em etanol 80%).

As leituras foram feitas em um espectrofotômetro UV-Vis (PerkinElmer Lambda 35, Singapura) com absorvância a 762 nm (fenólicos), 734 nm (ABTS) e 515 nm (DPPH). Os resultados de fenólicos totais foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico por 100 mg (mgGAE/100g); de ABTS em mg de equivalentes de Trolox por grama (mg TE/g) e de DPPH em mgDPPH/g.

Equação das curvas utilizadas

$$\text{Fenólico Totais: } y = 0,827x + 0,019, R^2 = 0,99$$

$$\text{ABTS: } y = -0,0002679029x + 0,7507943385, R^2 = 0,99$$

$$\text{DPPH: } y = 0,0146x + 0,0077, R^2 = 0,99$$

#### **4.8. Identificação e quantificação de compostos fenólicos por cromatografia líquida de alta eficiência**

O perfil de compostos fenólicos foi determinado por Cromatografia líquida com detector DAD (HPLC/DAD) modelo Prominence LC-20T com sistema de software LabSolutions da marca Shimadzu (Kyoto, Japão) utilizando os métodos previamente validados nas mesmas condições analíticas por Natividade et al. e Costa et al. (COSTA et al., 2020; NATIVIDADE et al., 2013). Foram feitos extratos concentrados das larvas, dos substratos e das fezes, utilizando 2ml de extratos (1g amostra diluído em 10ml), secando até 0,6ml. Os extratos concentrados e liofilizados foram ressuspensos diluindo com 1,5 ml de solução de ácido ortofosfórico 0,85% e 500 ul de metanol, diluído com auxílio de um banho ultrassônico por 1 min e 30s em vórtex, e centrifugado por 20 min a 14000 rpm à 10°C em centrífuga Analítica (220V Mikvo 200R Hettich zentrifugen EG-101 LRC). Posteriormente, filtrou-se o sobrenadante através de uma membrana de nylon de 13 mm de diâmetro com tamanho de poro de 0,45um (Analítica, SP, Brasil) em frasco âmbar para leitura direta. As soluções estoque de cada padrão foram preparadas em metanol. Uma solução intermediária de pool (22 analisados) com os fenólicos foi preparada diluindo as respectivas soluções estoque em uma solução de ácido ortofosfórico a 0,85% e uma solução intermediária de malvidina foi preparada da mesma forma como a solução intermediária de pool.

Os compostos nos extratos foram identificados de acordo com seus espectros de UV e tempo de retenção em comparação com 23 padrões externos analisados e a quantificação foi realizada usando curva de calibração de sete pontos (0,25;0,5;1;5;10 e 25 ul/mL) feita por meio Microsoft Excel. Os principais resultados dos parâmetros de validação do HPLC/DAD.

#### **4.9. Extração e quantificação de Betaláínas**

Para os substratos, larvas e fezes, as extrações foram realizadas a temperatura ambiente com metanol 100%. Foram adicionados 0,04g em 4 ml de soluto e deixados sob agitação por 30 minutos. Os extratos foram centrifugados a 5000rpm por 10 minutos antes da leitura. A absorvância máxima de betacianinas e betaxantinas foi medida em  $537 \pm 3$  nm e  $480 \pm 3$  nm, respectivamente, usando um espectrofotômetro UV.(DANG-BAO; TRAN, 2023; SILVA et al., 2020).

#### **4.10. Colorimetria das larvas.**

As medidas de cor da amostra foram realizadas em um colorímetro de bancada CM-5 (Konica Minolta, Japão), em modo de transmitância, calibrado para branco a 100%, utilizando o iluminante D65 e o sistema de leitura CIELAB, obtendo valores de brilho ( $L^*$ ), croma ( $c^*$ ) e matiz ( $h^*$ ) em triplicata, e calcula os valores de  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade da cor verde a vermelho) e  $b^*$  (intensidade da cor amarela a azul).

#### **4.11. Análise Estatística**

Para cada avaliação, foi realizada a análise estatística dos resultados obtidos, com um nível de significância de  $p < 0,05$ . Para desempenho de crescimento e conversão alimentar, análises foram realizadas em quadruplicata ( $n = 4$ ) e para as demais análises, foram realizadas em triplicata ( $n = 3$ ) para cada grupo experimental, e os resultados foram expressos como médias aritméticas com desvio padrão. Os dados (distribuição normal) das dietas e das larvas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativas, as diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ), usando o software R versão 4.3.3 com pacote multcomp e car (R 4.3.3, 2024).

## **5 RESULTADOS**

Como resultados da presente dissertação foi produzido um (1) artigo científico que após avaliação da banca será submetido no processo de publicação.

## 5.1

---

*Manuscrito: IMPACTO DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA ALTERNATIVA DE Zophobas atratus: ASPECTOS DE PRODUÇÃO E BIOINCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS*

1 **Título do Manuscrito: IMPACTO DA FONTE ALIMENTAR NA DIETA**  
 2 **ALTERNATIVA DE *Zophobas atratus*: ASPECTOS DE PRODUÇÃO E**  
 3 **BIOINCORPORAÇÃO DE COMPOSTOS**

4 Kodjovi AYENA<sup>1</sup>; Thomas Vieira Machado BACELAR<sup>2</sup>; Vanessa Cosme FERREIRA<sup>3</sup>; Caroline  
 5 Pereira Mourão MORAES<sup>3</sup>, Renata Quartieri NASCIMENTO<sup>4</sup>, Aline Camarão Telles BIASOTO<sup>5</sup>,  
 6 Carolina Oliveira de SOUZA<sup>1,2</sup>, Marcelo Andres UMSZA-GUEZ<sup>1\*</sup>

7  
 8 <sup>1</sup> Pos-Graduate Program in Food Science, Faculty of Pharmacy, Federal University of Bahia, Salvador 40170 115,  
 9 Brazil;

10 <sup>2</sup> Faculty of Pharmacy, Federal University of Bahia, Salvador 40170-115, Brazil;

11 <sup>3</sup> School of Food Engineering (FEA), University of Campinas (UNICAMP), Campinas 13083-862, Brazil;

12 <sup>4</sup> School of Nutrition. Federal University of Bahia, Salvador 40110-040, Brazil;

13 <sup>5</sup> Graduate Program in Biotechnology/RENORBIO, Institute of Health Sciences, Federal University of Bahia,  
 14 Salvador 40100-000, Brazil;

15 \* **Corresponding author:** marcelo.umsza@ufba.br

16 ***Periódico a ser submetido (1ª submissão):*** Foods ISSN: 2304-8158

***Maior percentil (Scopus):*** 98% 2/78

***Periódico a ser submetido (2ª submissão):*** Antioxidants ISSN: 2076-3921

***Maior percentil (Scopus):*** 92% 29/389

17  
 18  
 19  
 20 **RESUMO**

21 A planeta em 2100, abrigará quase 11 bilhões de seres humanos segundo a Organização das  
 22 Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Com o crescimento exponencial da população  
 23 mundial, existe uma necessidade crescente em buscar fontes alternativas de alimentos além das  
 24 tradicionalmente utilizadas. O consumo de insetos (larvas de besouros, grilos, formigas e  
 25 moscas) é uma opção já comum em alguns países e culturas como fonte alternativa alimentar.  
 26 A combinação de características como o elevado valor nutricional (proteínas, lipídios), menor  
 27 impacto ambiental para criação e os baixos custos de produção, permitem a obtenção de fonte  
 28 de proteína animal de forma sustentável. Dessa forma, este estudo tem como objetivo investigar  
 29 o impacto de três dietas distintas – compostas 100% por resíduos de uva, 100% beterraba e

30 100% batata – no desempenho de crescimento e na composição química das larvas de  
31 *Zophobas atratus*. Para isso, foram avaliados parâmetros zootécnicos, a composição centesimal  
32 das larvas e o trânsito de biocompostos da dieta, relacionando sua quantificação na  
33 alimentação, nas larvas e nas fezes. Além disso, foram realizadas análises para quantificar a  
34 atividade antioxidante e os compostos fenólicos individuais, bem como verificar a influência  
35 da dieta no perfil de ácidos graxos das larvas. A dieta de beterraba mostrou-se mais eficiente  
36 para o crescimento, com uma alta conversão alimentar (ECA) de 119,09%, enquanto o resíduo  
37 de uva apresentou uma taxa de conversão alimentar (TCA) de 2,65%. No aspecto nutricional,  
38 a dieta de batata favoreceu o acúmulo de lipídios nas larvas (52,73%), enquanto beterraba e  
39 uva proporcionaram um perfil proteico de 56,22% e 54,43%, respectivamente. Em relação aos  
40 ácidos graxos, as larvas alimentadas com beterraba apresentaram uma relação ômega-6/ômega-  
41 3 mais alta (42,22%), enquanto aquelas alimentadas com resíduo de uva mantiveram uma  
42 relação mais equilibrada (20,64%) sugerindo que a dieta de uva contribui para um perfil  
43 lipídico mais saudável. A dieta de uva também apresentou melhor relação entre lipídios poli-  
44 insaturadas e saturadas (PUFA/SFA de 0,67), o que é benéfico do ponto de vista nutricional.  
45 As larvas alimentadas com resíduo de uva e beterraba tiveram maiores concentrações de  
46 compostos fenólicos (3,16mg/g e 3,94mg/g) e atividades antioxidantes (DPPH  
47 187,59mgGAE/g, ABTS 12,01 mgTE/g; DPPH 270,23 mgGAE/g, ABTS 12,58 mgTE/g),  
48 respectivamente; e se observou que, na maioria dos compostos analisados, a concentração nas  
49 fezes foi maior do que no substrato, indicando uma possível acumulação apesar da absorção  
50 desses compostos pelas larvas. O estudo revelou que alimentar as larvas de *Zophobas atratus*  
51 com resíduos agroindustriais aumentou a presença de compostos bioativos, como fenólicos  
52 totais e betalaínas, potencializando suas propriedades antioxidantes.

53

54 **Palavras-chave:** Insetos comestíveis; larvas da farinha; antioxidante, composto fenólicos,  
55 novos alimentos; bioconversão, biodisponibilidade.

56

## 57 INTRODUÇÃO

58 Com base nas projeções das Nações Unidas, a população mundial deve alcançar quase  
59 11 bilhões até 2100, com alerta para a possibilidade de insegurança alimentar (1), num futuro  
60 não muito distante, os métodos tradicionais de produção de proteína animal podem não ser  
61 sustentáveis para atender às futuras necessidades da população (2–4).

62 Nesse contexto, os insetos têm se destacado como uma solução alternativa viável e  
63 sustentável para alimentação de uma população em crescimento, oferecendo uma rica fonte de  
64 nutrientes essenciais, como proteínas de alta qualidade, aminoácidos, vitaminas e minerais (5–  
65 9). A criação de insetos apresenta um impacto ambiental reduzido e maior eficiência no uso de  
66 recursos naturais, quando comparada à criação de animais tradicionais, além de menor emissão  
67 de gases de efeito estufa e elevada conversão alimentar (10–13). Um marco importante foi o  
68 relatório da FAO de 2013, que impulsionou a aceitação dos insetos como alimentos em algumas  
69 sociedades industriais (7). No entanto, a criação de insetos envolve desafios, como a  
70 padronização, certificação e regulamentação, que precisam ser superados para expandir o  
71 mercado global (14–17).

72 Embora o consumo de produtos à base de insetos ainda não tenha se popularizado  
73 globalmente, o número de empresas dedicadas à produção de insetos e o de consumidores  
74 interessados nessa alternativa sustentável estão crescendo (18,19). Espécies como o *Tenebrio*  
75 *molitor* (larva-da-farinha) e o *Zophobas atratus* (tenébrio gigante) se destacam pelo seu alto  
76 valor nutricional e digestibilidade, além de sua versatilidade na criação com subprodutos  
77 agroindustriais (17,19–22). Essa abordagem contribui para uma economia circular, ajudando a  
78 reduzir o desperdício alimentar e a demanda por substratos convencionais (15,23).

79 Estudos sobre o crescimento de *Zophobas atratus* mostram que variáveis como  
80 temperatura, umidade e dieta têm impacto direto no desenvolvimento larval, sendo a dieta uma  
81 das principais fontes de variação (24). Embora a literatura forneça dados sobre os efeitos de  
82 fatores ambientais no crescimento larval, são poucos os estudos que exploram a bioacumulação  
83 de nutrientes específicos de acordo com a alimentação. A avaliação da composição centesimal,  
84 do perfil de ácidos graxos, da bioacumulação de compostos bioativos e da capacidade  
85 antioxidante desses animais, oferece informações muito valiosas sobre seu potencial  
86 nutricional e funcional. (25,26).

87 A determinação da composição centesimal fornece informações muito mais completas  
88 sobre o conteúdo dos principais macronutrientes. Enquanto isso, é essencial observar os ácidos

89 graxos insaturados no perfil de ácidos graxos, pois eles têm efeitos benéficos na saúde  
90 cardiovascular e celular (27). Além disso, a bioacumulação de compostos bioativos (por  
91 exemplo, compostos fenólicos e betalaínas) em organismos alimentados com resíduos  
92 agroindustriais específicos esclareceria até que ponto esses organismos podem integrar  
93 eficientemente esses nutrientes em seu metabolismo (27,28). Estes compostos são  
94 reconhecidos por suas propriedades antioxidantes, enquanto ácidos graxos insaturados  
95 promovem benefícios à saúde, como proteção cardiovascular e celular (29–32). Essa  
96 combinação de características destaca sua importância como fontes naturais e sustentáveis de  
97 nutrientes bioativos, relevantes tanto para a dieta humana quanto para a animal.

98 Neste contexto, o presente estudo investigou o impacto de três dietas distintas –  
99 compostas por resíduos de uva, beterraba e batata – na composição química das larvas de  
100 *Zophobas atratus*, avaliando a bioincorporação de compostos, bem como a capacidade  
101 antioxidante e bioativa das larvas de *Zophobas atratus* resultantes. Além disso, foi estudado o  
102 perfil bioativo/antioxidante das fezes de cada grupo a fim de verificar o impacto da digestão  
103 destes compostos. Esse conhecimento é essencial para otimizar a produção e atender ao  
104 mercado emergente de consumo de insetos como fonte sustentável de alimentos.

105

### 106 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 107 3.1. Insetos (*Zophobas atratus* Fabricius)

108 Utilizaram-se larvas de *Zophobas atratus* Fabricius (tenébrio gigante) compradas de  
109 produtor local nos seus primeiros estágios, Salvador-BA-Brasil, com tamanho entre 1 a 2 cm  
110 (0,05 g a 0,09 g).

111

#### 112 3.2. Formulação da Dieta

113 As larvas foram alimentadas com 100% de resíduos de uva, variedade Alicante, pós-  
114 processo de vinificação, chamados de bagaço de uva (cascas, sementes e polpa remanescente),  
115 doado por vinícola do vale do São Francisco (Petroliona, Pe); 100% de beterraba (*Beta*  
116 *vulgaris*) e 100% de batata (*Solanum tuberosum* L. Bat), simulando resíduos, compradas no  
117 mercado local. As batatas e beterrabas foram cortadas em fatias de  $\pm 2$  mm, e posteriormente  
118 os substratos (resíduo de uva, beterrabas e batata) passaram por secagem em estufa com  
119 circulação forçada a 45-50°C durante 48 horas. As dietas foram fornecidas em forma de fatia  
120 (não triturado) para minimizar a mistura com as fezes dos insetos.

121

122

#### 123 3.3. Cultivo das Larvas

124 Anteriormente ao início do experimento, as larvas foram submetidas a um período de  
125 jejum de 48 horas para garantir o esvaziamento do conteúdo intestinal. A larvas foram criadas  
126 em caixas plásticas lisas retangulares medindo 20 cm  $\times$  14 cm  $\times$  6 cm (comprimento  $\times$  altura  
127  $\times$  largura), com abertura na parte superior (18 cm  $\times$  13 cm) e cobertas por uma tela (25 mesh)  
128 durante 49 dias (7 semanas) em temperatura média de  $26 \pm 1$  °C, umidade relativa do ar de  $51$   
129  $\pm 4\%$  e fotoperíodo de 12L:12E. As larvas foram divididas em três grupos com 4 repetições  
130 com 150 larvas cada (3 x 4 x 150). O peso do substrato utilizado corresponde a duas vezes o  
131 peso das larvas. Como fonte de umidade, foi colocada gaze umedecida com água em placa de  
132 Petri e substituída a cada dois dias. Os grupos foram alimentados respectivamente com 100%  
133 de resíduos de uva pós-processo de vinificação (Uva), 100% de beterraba (Beterraba) e 100%  
134 de batata (Batata).

135 A cada sete dias, as larvas e as fezes foram separadas das dietas de forma manual,  
136 utilizando peneiras e pinças para minimizar resíduo de substrato misturado com as fezes. Em  
137 seguida, ambas foram pesadas em uma balança analítica para garantir medições precisas. Após  
138 a pesagem, as larvas e as dietas foram devolvidas para as respectivas caixas. A dieta foi  
139 complementada para manter a proporção 2:1 de peso das larvas. As fezes separadas foram

140 guardadas a -20 °C para análises posteriores. Após o período de 49 dias, as larvas foram  
141 coletadas e deixadas 24 horas em jejum para o esvaziando completamente o trato  
142 gastrointestinal, pesadas, congeladas (-80°C) e liofilizadas (Liofilizador L101, Liotop) por um  
143 período de 72h. Posteriormente, foram trituradas em moedor de grãos (marca Cadense) e a  
144 biomassa obtida armazenada em ultrafreezer (-80 °C) até o momento das análises.

145

### 146 **3.4. Desempenho de Crescimento e Conversão Alimentar**

147 O desempenho de crescimento das larvas foi determinado conforme Zhang *et al* (33)  
148 com adaptações. A eficiência de conversão alimentar (ECA), taxa de conversão alimentar  
149 (TCA) e taxa de mortalidade (TM), expressos em base seca, foram calculados com base nas  
150 Eqs. 1 a 3 (21,33).

151 O consumo individual médio foi calculado utilizando valores do consumo total da dieta  
152 (peso de substratos inicial – final.) / número das larvas durante os 49 dias do experimento.

- 153 1.  $ECA (\%) = \text{ganho de peso médio} / \text{consumo individual médio} \times 100$
- 154 2.  $TCA (g/g) = \text{consumo individual médio} / \text{ganho de peso médio}$
- 155 3.  $TM (\%) = \text{número de larvas mortas} / \text{número de larvas iniciais} \times 100$

156

### 157 **3.5. Composição centesimal das larvas após o final de crescimento**

158 Foram determinados os teores de umidade pelo método de secagem em estufa (marca  
159 Tecnal, TE-394/I) a 105°C por 12 h; resíduo mineral fixo (cinzas) em forno mufla a 550 °C  
160 por 6 h (34); lipídeos totais pelo método Blig & Dyer (35). O teor de proteína bruta foi  
161 determinado pelo método de Kjeldahl (36), sendo a biomassa de *Z. atratus* previamente  
162 desengordurada (37). O valor de 6,25 foi utilizado como fator de conversão de nitrogênio para  
163 as dietas, e 4,76 para a biomassa de larvas (38). As análises foram realizadas em base seca e  
164 em triplicata. Os valores de umidade para as larvas foram apresentados em base úmida. Os  
165 valores de carboidratos foram obtidos pelo método NIFEXT, no qual o resultado foi obtido  
166 em % pelo cálculo da diferença das outras frações analisadas (39).

167

### 168 **3.6. Perfil de ácidos graxos das larvas**

169 A identificação e quantificação de ácidos graxos nas larvas seguiu a metodologia  
170 proposta por Souza *et al* (40) Para tanto, uma alíquota dos lipídios totais foi submetida à reação  
171 de saponificação com solução metanólica de NaOH (0,5 N), seguida de metilação com BF<sub>3</sub>  
172 (12% em metanol) e extração com isoctano.

173 Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram separados em cromatógrafo a gás (Perkin  
174 Elmer Clarus 680) equipado com detector de ionização de chama e coluna DB - Fast FAME  
175 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Os parâmetros de análise foram: temperatura do injetor 250 °C;  
176 temperatura do detector 280 °C; temperatura do forno programada para 60 °C por 0,5 minuto,  
177 aumentando 25 °C/min. até 194 °C; permanecendo nesta temperatura por 1 minuto, aumentando  
178 5 °C/min. até 235 °C, e permanecendo nesta temperatura por 1 minutos. O hélio foi utilizado  
179 como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL/min. e as injeções realizadas no modo split (1:50) com  
180 volume de 1µL. A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de  
181 retenção dos picos das amostras com o tempo de retenção de uma mistura de padrões de ésteres  
182 metílicos de ácidos graxos (padrão mix C4-C24 189-19, Sigma Aldrich, EUA) e a quantificação  
183 por normalização de áreas. As análises foram realizadas em duplicata

184

### 185 **3.7. Compostos bioativos (fenólicos totais) e atividade antioxidante dos substratos,** 186 **larvas e fezes.**

187 Para a análise de compostos fenólicos, foi utilizado o método colorimétrico de Folin-  
188 Ciocalteu, com adaptações propostas por Oliveira *et al* (41) A extração foi realizada usando 10  
189 mL de etanol a 70% como solvente para 1 grama de biomassa das larvas, os substratos e as  
190 fezes, todos foram desengordurados. Em seguida, foram adicionados 20 microlitros do extrato,  
191 2,5 mL de reagente de Folin a 10% e 2 mL de carbonato de sódio a 7,5%. As análises de  
192 atividade antioxidante pelo método ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolína-6-ácido  
193 sulfônico)) foram realizadas conforme o método de Kanzler *et al*(42) com modificações,  
194 utilizando uma solução de ABTS+ a 7 mM e uma solução de persulfato de potássio a 2,45 mM.  
195 A atividade antioxidante de eliminação de radicais livres DPPH foi analisada de acordo com o  
196 método relatado por Brand-Williams *et al.* (43) com modificações propostas por Rufino *et al.*  
197 (44): alíquotas de solução DPPH (0,06 mM em etanol 80%).

198 As leituras foram feitas em um espectrofotômetro UV-Vis (PerkinElmer Lambda 35,  
199 Singapura) com absorbância a 762 nm (fenólicos), 734 nm (ABTS) e 515 nm (DPPH). Os  
200 resultados de fenólicos totais foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico por 100  
201 mg (mgGAE/100g); de ABTS em mg de equivalentes de Trolox por grama (mg TE/g) e de  
202 DPPH em mgDPPH/g.

203 Equação das curvas utilizadas

204 Fenólico Totais:  $y = 0,827x + 0,019$ ,  $R^2 = 0,99$

205 ABTS:  $y = -0,0002679029x + 0,7507943385$ ,  $R^2 = 0,99$

206 DPPH:  $y = 0,0146x + 0,0077$ ,  $R^2 = 0,99$

207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239

### **3.8. Identificação e quantificação de compostos fenólicos por cromatografia líquida de alta eficiência**

O perfil de compostos fenólicos foi determinado por Cromatografia líquida com detector DAD (HPLC/DAD) modelo Prominence LC-20T com sistema de software LabSolutions da marca Shimadzu (Kyoto, Japão) utilizando os métodos previamente validados nas mesmas condições analíticas por Natividade *et al.* e Costa *et al.* (45,46). Foram feitos extratos concentrados das larvas, dos substratos e das fezes, utilizando 2ml de extratos (1g amostra diluído em 10ml), secando até 0,6ml. Os extratos concentrados e liofilizados foram ressuspensos diluindo com 1,5 ml de solução de ácido ortofosfórico 0,85% e 500 ul de metanol, diluído com auxílio de um banho ultrassônico por 1 min e 30s em vórtex, e centrifugado por 20 min a 14000 rpm à 10°C em centrífuga Analítica (220V Mikvo 200R Hettich zentrifugen EG-101 LRC). Posteriormente, filtrou-se o sobrenadante através de uma membrana de nylon de 13 mm de diâmetro com tamanho de poro de 0,45um (Analítica, SP, Brasil) em frasco âmbar para leitura direta. As soluções estoques de cada padrão foram preparadas em metanol. Uma solução intermediária de pool (22 analisados) com os fenólicos foi preparada diluindo as respectivas soluções estoque em uma solução de ácido ortofosfórico a 0,85% e uma solução intermediária de malvidina foi preparada da mesma forma como a solução intermediária de pool.

Os compostos nos extratos foram identificados de acordo com seus espectros de UV e tempo de retenção em comparação com 23 padrões externos analisados e a quantificação foi realizada usando curva de calibração de sete pontos (0,25;0,5;1;5;10 e 25 ul/mL) feita por meio Microsoft Excel. Os principais resultados dos parâmetros de validação do HPLC/DAD.

### **3.9. Extração e quantificação de Betalainas**

Para os substratos, larvas e fezes, as extrações foram realizadas a temperatura ambiente com metanol 100%. Foram adicionados 0,04g em 4 ml de soluto e deixados sob agitação por 30 minutos. Os extratos foram centrifugados a 5000rpm por 10 minutos antes da leitura. A absorbância máxima de betacianinas e betaxantinas foi medida em  $537 \pm 3$  nm e  $480 \pm 3$  nm, respectivamente, usando um espectrofotômetro UV.(47,48).

### 240 **3.10. Colorimetria das larvas.**

241 As medidas de cor das larvas foram realizadas em um colorímetro de bancada CM-5  
242 (Konica Minolta, Japão), em modo de transmitância, calibrado para branco a 100%, utilizando  
243 o iluminante D65 e o sistema de leitura CIELAB, obtendo valores de brilho ( $L^*$ ), croma ( $c^*$ ) e  
244 matiz ( $h^*$ ) em triplicata, e calcula os valores de  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade da cor verde  
245 a vermelho) e  $b^*$  (intensidade da cor amarela a azul).

### 246 **3.11. Análise Estatística**

247 Para cada avaliação, foi realizada a análise estatística dos resultados obtidos, com um  
248 nível de significância de  $p < 0,05$ . Para desempenho de crescimento e conversão alimentar,  
249 análises foram realizadas em quadriplicata ( $n = 4$ ) e para as demais análises, foram realizadas  
250 em triplicata ( $n = 3$ ) para cada grupo experimental, e os resultados foram expressos como  
251 médias aritméticas com desvio padrão. Os dados (distribuição normal) das dietas e das larvas  
252 foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativas, as diferenças entre  
253 as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ),  
254 usando o software R versão 4.3.3 com pacote multcomp e car (49).

## 255 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 256 4.1. Desempenho de Crescimento e Caracterização físico-química

259 Avaliação do crescimento das larvas alimentadas com diferentes tipos de substrato é  
260 apresentada na Tabela 1. Estudos anteriores demonstram que as dietas tem o efeito  
261 significativo na sobrevivência das larvas de tenébrio (50–52). Neste presente estudo, os  
262 diferentes substratos utilizados na alimentação das larvas não tiveram influencias significativas  
263 ( $p>0,05$ ) nas taxas de mortalidade (TM). Os valores de TM (2,67-4,67%) encontrados foram  
264 similares ao observados por Bordiean *et al.* e Kotsou *et al.* em estudos com larvas de *T. molitor*,  
265 por outro lado foram menores em comparação ao trabalho com lavas de *Z. atratus* de  
266 Nascimento *et al.* (TM > 10%) e com as larvas de *T. molitor* (TM > 14%) de Kotsou *et al*  
267 (22,53,54,54). As larvas alimentadas com resíduo de beterraba apresentaram maior eficiência  
268 de conversão alimentar (ECA) de 119,09%, superior às das larvas alimentadas com uva  
269 (37,67%) e batata (31,3%). O fato da beterraba conter alta concentração de açucars pode  
270 explicar essa grande diferença, facilitando a conversão (estimulando o metabolismo) (55).  
271 Quando analisamos a taxa de conversão alimentar (TCA), que mede a quantidade de alimento  
272 necessária para o crescimento, as larvas alimentadas com beterraba apresentaram o menor valor  
273 (0,84 %), o que indica que precisaram de menos alimento para crescer, quando comparadas  
274 com as larvas que receberam uva, que tiveram uma TCA de 2,65%, e as alimentadas com  
275 batata, 3,19%. Esses resultados são semelhantes quando comparados com os dados da  
276 literatura, onde as larvas da família Coleóptera (*Tenebrio molitor*, *Zophobas atratus*)  
277 alimentadas com diferentes substratos, mostraram uma taxa de conversão alimentar  $TCA>3\%$ .  
278 (21,56,57).

279 Diferentes substratos influenciam diretamente o perfil nutricional das larvas (58,59). O  
280 perfil centesimal entre as amostras apresentou diferença significativa. O teor de umidade nas  
281 larvas após os 49 dias foi significativamente diferente entres as três dietas utilizadas. As larvas  
282 alimentadas com a beterraba (72,18%) e o resíduo de uva (67,66%) apresentaram maior teor  
283 de umidade, similar os encontrados na literatura (22,46,54,60).

284 Com relação ao teor de cinzas, verificou-se uma diferença de até 28% no conteúdo de  
285 cinzas entre as amostras, sendo que as larvas alimentadas com beterraba (3,6%) foi a que  
286 apresentou maior concentração e a alimentada com batata a menor (2,59%) (Tabela 1). A maior  
287 concentração de proteínas também foi observada nas larvas alimentadas com beterraba  
288 (56,22%) e uva (54,43%) (Tabela 1), com isso o conteúdo de proteína das larvas foi

289 semelhantes aos valores documentados para larvas de *T. molitor* (41,4 a 68,1% ) (60,61) , e  
290 com um aumento de cerca de 10% comparando aos estudos com larvas de *T. molitor*  
291 alimentadas com farelo de trigo de Costa *et al.*, (45,6%) (46) e de LIU *et al.* (49,1%) (62). Em  
292 relação ao teor lipídico, o maior valor foi observado em larvas alimentadas com batata  
293 (52,73%). De acordo com Mancini *et al.* (60), os maiores valores de carboidratos das larvas  
294 estão relacionados ao menor teor de lipídios e ao maior teor de umidade nas dietas, como foi  
295 observado no presente estudo. O total de carboidratos avaliadas neste estudo (6,61 a 15,62%  
296 de matéria seca) é menor do que a faixa de 18 a 21% da massa seca relatada anteriormente  
297 (8,60), entretanto, está em conformidade com os valores de Ojha *et al.* (9) e Son *et al.* (63).

298 Os resultados deste estudo estão conforme a literatura, indicando que insetos  
299 comestíveis podem conter até 70% de proteína bruta, 58% de lipídeo e 82% de umidade,  
300 enquanto o teor de cinzas geralmente é inferior a 5% da matéria seca (22,64–67). Gkinali et al.  
301 (68) observaram que larvas de *Tenebrio molitor* possuem teores de lipídios e proteínas mais  
302 elevados em comparação a outras espécies de insetos, com grande variação dependendo do tipo  
303 de alimentação. Neste estudo, a alimentação com batata favoreceu o acúmulo de lipídios,  
304 enquanto a beterraba e a uva proporcionaram uma composição química com mais proteínas nas  
305 larvas.

#### 306 4.2. Ácidos graxos

307  
308 Os ácidos graxos são essenciais para os animais, desempenhando papéis fundamentais,  
309 como fornecer energia, proteger o coração e facilitar o desenvolvimento do cérebro (69–71).  
310 Manter um equilíbrio adequado entre os tipos de ácidos graxos, especialmente o ômega-3 e o  
311 ômega-6, é crucial para aproveitar seus benefícios e prevenir problemas metabólicos e  
312 inflamatórios causados pelo consumo não adequado (72,73).

313 A Tabela 2 apresenta a composição e quantificação de ácidos graxos de amostras de  
314 larvas de *Zophobas atratus* utilizadas neste estudo, a soma de ácidos graxos saturados,  
315 monoinsaturados e poli-insaturados. Os percentuais dos ácidos graxos foi significativamente  
316 ( $p < 0,05$ ) alterado entre os grupos de larvas alimentadas por diferentes dietas, revelando que  
317 cada tipo de dieta promove uma quantidade de ácidos graxos diferentes Bordiean *et al.*(74),  
318 Riekkinen *et al.*(75), Kröncke *et al.* (25), Kotsou *et al.* (54) e Boukid *et al.* (76) avaliaram o  
319 efeito de três diferentes tipos de dieta em três espécies de insetos (larvas de *Ephestia kuehniella*  
320 , *T. molitor* e *Hermetia illucens* ) observando que os esteróis variaram de acordo com o tipo de  
321 dieta e espécies de insetos. Neste estudo com *Zophobas atratus*, foram identificados nove

322 ácidos graxos em todas as larvas. Os ácidos graxos relevantes foram: 18:2 n-6 (linoleico  
323 14,61%–24,98%), 16:0 (palmítico 30,20%–36,61%), 18:0 (esteárico 6,75%–8,76%), 18:1 n-9  
324 cis (oleico 31,41%–35,76%) e 18:3 n-3 (alfa-linolênico 0,45%–1,21%). As larvas alimentadas  
325 com batata mostraram um teor maior dos ácidos graxos saturados  $\Sigma$  SFA (47,46 %) e  
326 monoinsaturado  $\Sigma$  MUFA (37,00%), enquanto as alimentadas com uva apresentavam 17,7% e  
327 12,7% a menos desses dos ácidos graxos, respectivamente.

328 Dentre os ácidos graxos identificados (Tabela 2), verifica-se a predominância em todos  
329 os tratamentos do C16:0, C18:1n-9 e C18:2n-6. Este fato corrobora com a composição  
330 aproximada de espécies da mesma família Coleóptera (22,62,77,78). Sendo assim, as larvas  
331 alimentadas com batata (com 52,73% lipídio Tabela 2) mostraram maior quantidade de lipídeos  
332 monoinsaturadas, especialmente o ácido oleico (35,76 %), que é conhecido por trazer  
333 benefícios para a saúde do coração. As larvas que se alimentaram com resíduo de uva  
334 apresentaram maior teor de  $\Sigma$  PUFA (26,19%), com destaque para o ácido alfa linoleico, o qual  
335 teve uma quantificação quase três vezes maior nos outros tratamentos. O ácido alfa linoleico é  
336 um tipo de ácido graxo essencial para a saúde celular e imunológica. Os valores observados  
337 são semelhantes ao de Kröncke *et al.* (25). A relação entre ômega-6 e ômega-3 foi mais alta  
338 (42,22) nas larvas que consumiram beterraba, enquanto as que foram alimentadas com  
339 substrato de resíduo de uva obteve uma quantidade menor (20,64), indicando que a dieta de  
340 beterraba proporciona um perfil mais rico em ácidos graxos ômega-6 em comparação com  
341 ômega-3, enquanto a uva promove mais acúmulo de ômega-3. Os níveis elevados de ácidos  
342 graxos n-3 (com uma baixa proporção de n-6/n-3) apresentam efeitos inibidores significativos  
343 na inflamação e em processos relacionados a doenças cardiovasculares e metabólicas (59). A  
344 proporção PUFA:SFA é o índice mais comumente usados para avaliar o valor nutricional de  
345 alimentos, quanto maior seu valor, maior o valor nutricional do alimento (79). Neste estudo foi  
346 observado que as larvas alimentadas com substrato de uva apresentaram a melhor relação entre  
347 lipídios essenciais e saturadas (PUFA:SFA de 0,66), tornando-a uma opção mais adequada para  
348 aumentar o valor nutricional das larvas.

349 Esta relação é importante quando comparados com os índices verificados para fontes  
350 de proteínas convencionais como carne de porco, cordeiro e bovino que têm proporções  
351 PUFA:SFA entre 0,13 e 0,48 (79). O conteúdo alto de ácido linolênico e a relação benéfica de  
352 PUFA/SFA das larvas alimentadas com resíduo de uva são favoráveis em relação às  
353 recomendações dietéticas atuais para lipídios. (80). Nossos resultados também concordam com  
354 outras pesquisas, nas quais o *T. molitor* é alimentado com substrato suplementada com bagaço

355 de tomate, linhaça, sementes de uva e bagaço de uva, mostrando uma redução no conteúdo de  
356 MUFA e aumento nos valores de 18:3n-3 (81–83).

357

### 358 **4.3. Fenólicos totais e Capacidade Antioxidantes**

359 A composição dos insetos não compreende apenas lipídios, proteínas, carboidratos e  
360 minerais. Os insetos fornecem outros compostos orgânicos, como vitaminas, ácidos nucleicos  
361 e fenóis (38).

362 Os compostos fenólicos, uma ampla e diversificada classe de metabólitos secundários  
363 presentes nas plantas, desempenham um papel crucial na promoção da saúde devido às suas  
364 diversas propriedades biológicas. Entre suas principais características, destaca-se a potente  
365 atividade antioxidante, que auxilia na neutralização de radicais livres, protegendo as células  
366 contra os danos induzidos pelo estresse oxidativo. Além disso, os compostos fenólicos também  
367 apresentam efeitos anti-inflamatórios, anticancerígenos e cardioprotetores, conforme  
368 evidenciado em estudos recentes (28,31,32,84,85)

369 Neste estudo, os resultados dos compostos fenólicos totais dos substratos, larvas e fezes  
370 dos três tratamentos estão apresentados na Tabela 3. O ensaio de fenólicos totais, amplamente  
371 utilizado, se baseia na capacidade dos compostos fenólicos de reduzir os sais de tungstênio e  
372 molibdato de sódio presentes no reagente de Folin-Ciocalteu. Apesar de eficaz, não é um  
373 método altamente específico, já que outras substâncias, como vitamina C, carboidratos e  
374 minerais, podem interferir nos resultados. Mesmo com essa limitação, o ensaio continua sendo  
375 uma ferramenta popular para avaliar a composição fenólica em diferentes extratos (86). Com  
376 isso, o resíduo de uva apresentou uma maior concentração de compostos fenólicos totais (16,11  
377 mgGAE/100g) quando comparado com os outros substratos avaliadas, como a beterraba e a  
378 batata. Ao serem alimentadas com essa dieta, aparentemente as larvas bioacumulam certa  
379 quantidade desses compostos, resultando em 15,17 mgGAE/100g de fenólicos totais em seu  
380 organismo (Tabela 3).

381 Esse teor elevado de compostos fenólicos no resíduo de uva se explica pela própria  
382 composição química das uvas, especialmente as destinadas à vinificação, que são ricas em  
383 substâncias como antocianinas, flavonoides e taninos (31,87,88). No processo de vinificação,  
384 uma grande quantidade desses compostos permanece no resíduo (31,89), o que justifica a  
385 presença marcante de fenólicos no substrato de uva quando comparada com a beterraba e a  
386 batata. Aparentemente, elevada disponibilidade desses compostos no substrato de uva favorece  
387 sua absorção pelas larvas, resultando em concentrações consideráveis de fenólicos totais em

388 seus tecidos. Contudo, o alto valor encontrado nas fezes das larvas alimentadas com uva sugere  
389 que, apesar da absorção, parte dos compostos fenólicos é excretada, possivelmente devido a  
390 uma saturação na capacidade de absorção das larvas. Entretanto as larvas alimentadas com o  
391 substrato de menor concentração de fenólicos totais (a batata com 2,11 mgGAE/100g) tiveram  
392 a quantidade de fenólicos totais igual as do substrato de beterraba, sugerindo a capacidade de  
393 *Z. atratus* de acumulação de fenólicos nos seus tecidos. Os fenólicos totais determinados no  
394 trabalho de Muñoz-Seijas et al., Larva (60 mg/100g) e pupa (113mg/100g) de *T. molitor*  
395 alimentados com uma dieta à base de cereais, são superiores aos encontrados neste estudo  
396 (13,45 -15,17 mgGAE/100g). A degradação de compostos fenólicos durante a etapa de  
397 processamento da amostra pode afetar o desvio do valor de fenólicos totais. No caso do  
398 substrato de uva e beterraba, valores muito próximos de fenólicos ( $\approx$  13 mgGAE/100g) foram  
399 observados no substrato e nas larvas, já de forma oposta, valores baixos de fenólicos (2,11  
400 mgGAE/100g) no substrato de batata se traduziram em valores altos nas larvas, semelhantes  
401 aos outros dois tratamentos.

402 As análises de DPPH e de ABTS (Tabela 3) indicam a capacidade antioxidante dos  
403 diferentes substratos e nas larvas alimentadas com elas, com destaque para o resíduo de uva e  
404 a beterraba. A atividade antioxidante está geralmente relacionada à presença de compostos  
405 polifenólicos (90). O radical ABTS é mais acessível aos peptídeos hidrofílicos, enquanto os  
406 peptídeos hidrofóbicos podem interagir prontamente com radicais peroxil, como DPPH (91).  
407 Com os resultados de antioxidantes, o substrato de resíduo de uva com o maior fenólicos totais  
408 apresentou a maior capacidade antioxidante inicial (304,53 mgDPPH/g e 18,11 mgTE/g). Essa  
409 superioridade indica uma maior concentração de compostos antioxidantes no substrato de  
410 resíduo de uva (89,92). No entanto, nas larvas alimentadas com beterraba mostraram valores  
411 superiores de capacidade antioxidante (270,23 mgDPPH/g e 12,58 mgTE/g) para DPPH e  
412 ABTS respectivamente, quando comparadas com as larvas alimentadas com resíduo de uva.  
413 Esse resultado faz sentido, já que as larvas alimentadas com beterraba apresentaram um teor  
414 mais alto de carboidratos (15,61% da massa seca) do que as que foram criadas com resíduo de  
415 uva (6,62%). Como os carboidratos contêm elementos com propriedades antioxidantes, isso  
416 pode ter contribuído para as diferenças observadas na composição nutricional das larvas  
417 (93,94).

418 Na literatura tem poucos dados publicados que relataram a concentração antioxidante  
419 de insetos. No estudo de Keil *et al.* (77), ao avaliarem a capacidade antioxidante das larvas de  
420 *T. molitor* L. submetidas a diferentes dietas, observaram resultados semelhantes aos  
421 encontrados neste estudo. As medições realizadas pelos métodos ABTS (com valores entre 6,0

422 e 18,0 mgTE/g) mostraram uma proximidade considerável. Zielinska *et al.* (95) também  
423 avaliaram a atividade antioxidante de peptídeos obtidos por digestão gastrointestinal de insetos  
424 comestíveis utilizando ensaios de DPPH, ABTS+, as amostras de insetos que demonstraram as  
425 maiores atividades antioxidantes foram: *Amphiacusta annulipes* (DPPH, 19,1 µg/g), *Zophobas*  
426 *morio* (ABTS+, 4,6 µg/g) bem inferior aos de nossas larvas. Além disso, no estudo de  
427 compilação de vários dados da capacidade antioxidante de insetos comestíveis de D'Antonio  
428 *et al.* (96), foi observado que *Tenebrio molitor* tem 0,05 – 10mg/g de DPPH e 0,1-1mg/g de  
429 ABTS, indicando que os substratos tiveram uma contribuição importante na capacidade  
430 antioxidante as larvas deste estudo.

431 Visando saber o que acontece com os compostos bioativos consumidos pelas larvas  
432 (além da acumulação), as fezes das larvas dos tratamentos foram avaliadas os fenólicos totais,  
433 DPPH e ABTS (Tabela 3). As três amostras de fezes apresentaram altas concentrações de  
434 fenólicos totais e alta atividade antioxidante. Assim como foi observado para os substratos, as  
435 larvas alimentadas com uva e beterraba apresentaram maiores concentrações de compostos  
436 fenólicos, enquanto as alimentadas com batata tiveram as menores concentrações, e  
437 consequentemente, isso se refletiu na capacidade antioxidantes verificada. Nesta análise deve  
438 ser levado em consideração que nas fezes há “acumulação/concentração” desses compostos,  
439 mas de qualquer forma, os dados obtidos elucidam um aspecto ainda não explorado, como a  
440 recuperação de compostos bioativos de fezes. Normalmente as fezes destes insetos são  
441 direcionadas para utilização como adubo.

442 Os resultados indicam que o substrato de resíduo de uva possui a maior concentração  
443 inicial de compostos antioxidantes (tanto no DPPH quanto no ABTS). A uva apresentou altos  
444 valores iniciais de compostos antioxidantes, mostrou uma retenção maior no organismo das  
445 larvas, possivelmente devido à maior afinidade dos compostos fenólicos de uva com o  
446 metabolismo das larvas (mas precisa de mais análises para justificar), refletindo uma boa  
447 biodisponibilidade nas larvas alimentadas com substrato de resíduo de uva. Porém, tanto a uva  
448 quanto a beterraba são fontes eficazes de antioxidantes, mas a uva se destaca pela retenção nos  
449 organismos, enquanto a beterraba se destaca pela maior excreção, demonstrado pelas análises  
450 de DPPH e ABTS.

451

#### 452 **4.4. Identificação e quantificação de compostos fenólicos por cromatografia** 453 **líquida de alta eficiência**

454

455 Resíduos de uva, batata e beterraba são ricos em compostos fenólicos (31,88,97).  
456 Algumas perguntas que devem ser realizadas: estes compostos presentes nestes substratos  
457 oferecidos às larvas de *Zophobas atratus*, são incorporadas (bioacumuladas) na biomassa.  
458 Outra pergunta oportuna, o que acontece com os biativos que não são aproveitados pela  
459 biomassa, são degradados, transformados quando excretados?; há um melhoramento  
460 nutricional/funcional da biomassa produzida?. Para responder estes questionamentos foi  
461 realizada a análise do perfil de compostos fenólicos e betalainas dos substratos, larvas e fezes  
462 dos três tratamentos realizados, como observado na Tabela 4 e Tabela 5.

463 A maioria dos compostos fenólicos da uva é biodisponível, pois aparecem em  
464 quantidades detectáveis no substrato, larvas e fezes. De 18 compostos quantificados no  
465 substrato de resíduo de uva, 14 foram detectados nas larvas e 9 quantificado. Em relação a  
466 beterraba, foram quantificados 15 compostos no substrato, 13 detectados nas larvas com 9  
467 quantificados. A batata teve poucos compostos quantificados (8), com 5 detectados e  
468 quantificados nas larvas, isso sugere que esses compostos conseguem resistir ao metabolismo  
469 e são absorvidos (bioincorporados) pelas larvas. A antocianina malvidin-3-O-glucoside é  
470 encontrada apenas na dieta de uva e incorporada nas larvas. Esta antocianina não é detectável  
471 nas outras fontes, e conseqüentemente não são detectados nas larvas. Malvidin -3-O -  
472 glucoside, pertencente às antocianinas é descrita como a principal antocianina em uvas  
473 vermelhas (98,99). Esses pigmentos naturais também possuem propriedades farmacológicas  
474 conhecidas (como atividade antioxidante, anti-inflamatório, neuroproteção, antimicrobianas e  
475 antivirais) e são usados por humanos para fins terapêuticos (100–102).

476 Outros compostos como, kaempferol (flavonoide) não foi detectado na larva e sim no  
477 substrato e fezes, já o cis e *trans*-resveratrol (estilbenos) foram detectados nas três amostras,  
478 substrato, larva e fezes, mostrando o trajeto desses biocompostos durante a digestão e excreção.

479 Os ácidos fenólicos, como ácido gálico, o ácido clorogênico, e o ácido *trans*-ferúlico,  
480 apesar de sua presença nos substratos são encontrados apenas em níveis traços ou não  
481 detectáveis nas larvas. Este fato sugere a falta de estabilidade desses compostos o que resulta  
482 em biodisponibilidade limitada, e sua degradação (103), isso explica sua baixa bioacumulação  
483 nas larvas. Em geral, os compostos fenólicos da beterraba (tabela 4) são absorvidos, mas  
484 aparecem em quantidades menores (traços) nas larvas.

485 O flavanol (+)-catechin é bem absorvido e aparece em quantidades detectáveis em todas  
486 as fontes, principalmente nas larvas alimentadas com beterraba (tabela 4). Esse composto é  
487 estável e consegue passar pelo sistema digestivo das larvas. O estudo de Donovan *et al.* (104)

488 evidenciou que o (+)-catechin é mais bioacessível e bioacumulável que o (-)-epicatechin, o que  
489 explica sua presença consistente nas larvas.

490 A biodisponibilidade e estabilidade dos compostos variam de acordo com a fonte  
491 alimentar e o tipo de composto. Catequinas e resveratrol, por exemplo, mostram-se mais  
492 estáveis e biodisponíveis (105,106), o que pode possibilita sua absorção pelas larvas sem  
493 degradação significativa. Em contraste, os ácidos fenólicos e as antocianinas, como a  
494 Malvidina-3-O-glucosídeo, possuem menor estabilidade, o que resulta em uma absorção  
495 limitada. Sua biodisponibilidade é influenciada tanto pela estabilidade química quanto pela  
496 interação com a microbiota intestinal, que pode degradá-las ou convertê-las em metabólitos  
497 secundários (107). A uva se destaca como uma fonte potencial de compostos bioativos,  
498 enquanto a batata mostra comportamento contrário. Somente a (+)-catechin e *cis*- resveratrol  
499 foram quantificados em todas os tratamentos e em todas as amostras (Substrato, larva e fezes).

500 Com relação às fezes, observou-se que na maioria dos compostos, a concentração nas  
501 fezes foi maior que na do substrato. Neste caso, cabe ressaltar, que no caso das fezes, há uma  
502 “concentração” destes compostos, pois quando o substrato é digerida, há a absorção de  
503 nutrientes, água, e os compostos remanescente se concentram nas fezes, por esse motivo na  
504 maioria dos casos são quantificados em maior concentração. Um aspecto relevante de ser  
505 discutido é que, a concentração de alguns compostos, como a (+)-catechin se encontra em  
506 concentrações muito superiores que os outros compostos, revelando que até as fezes poderiam  
507 ser fontes de compostos fenólicos. Isso foi observado também no estudo de Chou *et al.* (2018),  
508 após alimentarem *Andraca theae* com as folhas *Camellia sinensis* (folhas de chá). A quantidade  
509 de alguns compostos nos excrementos estava na faixa de 1,1 a 124 vezes maior em comparação  
510 com as folhas de chá (108).

511 Os resultados revelam que a fonte alimentar e a estrutura química dos compostos  
512 influenciam diretamente sua retenção e biodisponibilidade nas larvas de *Zophobas atratus*.

513

#### 514 **4.5. Extração e quantificação de betalaínas**

515

516 A beterraba (*Beta vulgaris L. ssp.*) é a fonte mais popular de betalaínas. Dados  
517 publicados sobre sua atividade antioxidante excepcionalmente alta despertam interesse nos  
518 compostos bioativos da cultura (29,109). As betalaínas são divididas em dois subgrupos, as  
519 betacianinas e betaxantinas. As betalaínas estão presentes principalmente em plantas  
520 alimentícias, como beterraba e amaranto, e em frutos de pera espinhosa. Seu efeito positivo na

521 saúde humana foi confirmado pelos resultados de vários estudos médicos: propriedades  
522 antiinflamatórias, anticarcinogênicas e antioxidantes notáveis foram relatadas (29,30).

523 Os resultados da tabela 4 mostram que as betalaínas da beterraba são absorvidas pelas  
524 larvas, cerca de 10% do substrato (Betaxantinas mg/g: larvas 0,31 contra o substrato 3,65,  
525 Betacianinas mg/g: larvas 0,70 contra Substrato 7,70). Isso indicam que as larvas de *Zophobas*  
526 *atratus* conseguem metabolizar e absorver a betalaínas vindo do substrato de beterraba. A  
527 presença das betalaínas nas larvas pode explicar a coloração vermelhada observada nas larvas  
528 alimentadas com substrato de beterraba Figura 1B (a e b) em comparação as larvas do substrato  
529 de resíduo de uva e de batata. Além disso, a avaliação colorimétrica (Tabela 6) confirma a  
530 influência do substrato na pigmentação das larvas.

531

## 532 CONCLUSÃO

533

534 Os resultados do estudo revelaram que os substratos com os resíduos agroindustriais  
535 para larvas de *Zophobas atratus* trouxeram aumento de compostos bioativos, incluindo  
536 fenólicos totais e betalaínas, com destaque para as propriedades antioxidantes.

537 Em relação ao crescimento, as larvas alimentadas por beterraba tiveram desempenho  
538 melhor. As larvas alimentadas com substratos resíduos de uva e beterraba, se destacaram em  
539 relação composição corporal, exceto lipídio onde as larvas alimentadas com batata tiveram o  
540 maior conteúdo lipídico da massa seca. Os ácidos graxos insaturados, como os encontrados nas  
541 larvas alimentadas com dieta de resíduo de uva, além das propriedades antioxidantes  
542 provenientes dos resíduos de uva, criam composição química balanceada e favorável para  
543 dietas humanas que buscam melhorar a saúde. O estudo reforça, portanto, a ideia de que as  
544 larvas de *Zophobas atratus* podem ser mais do que uma fonte alternativa de proteínas; elas têm  
545 a capacidade de fornecer composição química que podem enriquecer a dieta humana e animal  
546 de forma mais natural e sustentável. Em relação ao n-6/n-3, as larvas alimentadas com substrato  
547 de resíduo de uva tiveram o valor menor 20,64, além disso tiveram maior valor de  $\Sigma$  PUFA=  
548 26,19.

549 As larvas alimentadas com resíduo de uva e beterraba tiveram maior valor nos  
550 compostos fenólicos. A incorporação de larvas cultivadas com resíduos em dietas diárias  
551 poderia, assim, ajudar a promover uma alimentação mais rica em antioxidantes e componentes  
552 bioativos, impactando positivamente a saúde pública. Com tudo, a dieta em resíduo

553 agroindustrial de uva se destaque de modo geral com este estudo. Além disso, as fezes das  
554 larvas de *Zophobas atratus* estudadas demonstraram alta concentração de compostos bioativos  
555 em alguns caso trinta vezes mais do que a do substrato oferecido. Esses achados sugerem que  
556 as dietas de beterraba e resíduo de uva são as mais vantajosas para promover o crescimento e  
557 a qualidade nutricional das larvas.

558

559

560 **REFERNCIAS**

561

562 1. Wu RA, Ding Q, Yin L, Chi X, Sun N, He R, et al. Comparison of the nutritional value  
563 of mysore thorn borer (*Anoplophora chinensis*) and mealworm larva (*Tenebrio molitor*):  
564 Amino acid, fatty acid, and element profiles. *Food Chemistry*. setembro de 2020;323:126818.

565 2. White RR, Hall MB. Nutritional and greenhouse gas impacts of removing animals from  
566 US agriculture. *Proc Natl Acad Sci USA* [Internet]. 28 de novembro de 2017 [citado 5 de  
567 novembro de 2024];114(48). Disponível em:  
568 <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1707322114>

569 3. Collins CM, Vaskou P, Kountouris Y. Insect Food Products in the Western World:  
570 Assessing the Potential of a New ‘Green’ Market. Stull V, organizador. *Annals of the*  
571 *Entomological Society of America*. 11 de novembro de 2019;112(6):518–28.

572 4. Alexandratos N. World Agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. 2012;  
573 Disponível em:  
574 [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=World+Agriculture+Towards+2030/2050:+](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=World+Agriculture+Towards+2030/2050:+The+2012+Revision&author=Alexandratos,+N.&author=Bruinsma,+J.&publication_year=2012)  
575 [The+2012+Revision&author=Alexandratos,+N.&author=Bruinsma,+J.&publication\\_year=20](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=World+Agriculture+Towards+2030/2050:+The+2012+Revision&author=Alexandratos,+N.&author=Bruinsma,+J.&publication_year=2012)  
576 [12](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=World+Agriculture+Towards+2030/2050:+The+2012+Revision&author=Alexandratos,+N.&author=Bruinsma,+J.&publication_year=2012)

577 5. McGuire S. FAO, IFAD, and WFP. *The State of Food Insecurity in the World 2015:*  
578 *Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress*. Rome:  
579 FAO, 2015. *Adv Nutr*. setembro de 2015;6(5):623–4.

580 6. Eilenberg J, Van Loon JJA. *Insects: Key Biological Features*. Em: Halloran A, Flore R,  
581 Vantomme P, Roos N, organizadores. *Edible Insects in Sustainable Food Systems* [Internet].  
582 Cham: Springer International Publishing; 2018 [citado 6 de novembro de 2024]. p. 3–15.  
583 Disponível em: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-74011-9\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-74011-9_1)

584 7. Van Huis, van Itterbeeck, J, Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., et al.  
585 *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Rome: FAO; 2013. (FAO forestry  
586 paper).

587 8. Rumpold BA, Schlüter OK. Nutritional composition and safety aspects of edible  
588 insects. *Mol Nutr Food Res*. maio de 2013;57(5):802–23.

589 9. Ojha S, Bekhit AED, Grune T, Schlüter OK. Bioavailability of nutrients from edible  
590 insects. *Current Opinion in Food Science*. outubro de 2021;41:240–8.

591 10. Govorushko S. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends in*  
592 *Food Science & Technology*. setembro de 2019;91:436–45.

593 11. Ooninx DGAB, De Boer IJM. Environmental Impact of the Production of Mealworms  
594 as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. Sword GA, organizador. *PLoS*  
595 *ONE*. 19 de dezembro de 2012;7(12):e51145.

596 12. Bednářová M, Borkovcová M, Mlček J, Rop O, Zeman L. Edible insects - species  
597 suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Univ Agric Silvic*  
598 *Mendelianae Brun*. 23 de maio de 2013;61(3):587–93.

- 599 13. Sun Young Kim, Kim HG, Yoon HJ, Lee KY, Kim NJ. Nutritional analysis of  
600 alternative feed ingredients and their effects on the larval growth of *Tenebrio molitor*  
601 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Entomological Research*. maio de 2017;47(3):194–202.
- 602 14. Tae-Kyung Kim, Yong HI, Kim YB, Kim HW, Choi YS. Edible Insects as a Protein  
603 Source: A Review of Public Perception, Processing Technology, and Research Trends. *Food*  
604 *Sci Anim Resour*. agosto de 2019;39(4):521–40.
- 605 15. Oonincx DGAB, Van Broekhoven S, Van Huis A, Van Loon JJA. Feed Conversion,  
606 Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of  
607 Food By-Products. Papadopoulos NT, organizador. *PLoS ONE*. 23 de dezembro de  
608 2015;10(12):e0144601.
- 609 16. Lähteenmäki-Uutela A, Marimuthu SB, Meijer N. Regulations on insects as food and  
610 feed: a global comparison. *JIFF*. 13 de agosto de 2021;7(5):849–56.
- 611 17. Montanari F, Pinto de Moura A, Cunha L. Production and Commercialization of Insects  
612 as Food and Feed. 2021.
- 613 18. Wade M, Hoelle J. A review of edible insect industrialization: scales of production and  
614 implications for sustainability. *Environ Res Lett*. 1º de dezembro de 2020;15(12):123013.
- 615 19. Pippinato L, Gasco L, Di Vita G, Mancuso T. Current scenario in the European edible-  
616 insect industry: a preliminary study. *JIFF*. 11 de agosto de 2020;6(4):371–81.
- 617 20. Cortes Ortiz JA, Ruiz AT, Morales-Ramos JA, Thomas M, Rojas MG, Tomberlin JK,  
618 et al. Insect Mass Production Technologies. Em Elsevier; 2016 [citado 6 de novembro de 2024].  
619 p. 153–201. Disponível em:  
620 <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128028568000065>
- 621 21. Van Broekhoven S, Oonincx DGAB, Van Huis A, Van Loon JJA. Growth performance  
622 and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae)  
623 on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*. fevereiro de  
624 2015;73:1–10.
- 625 22. Nascimento RQ, Di Mambro Ribeiro CV, Colauto NB, Da Silva L, Lemos PVF, De  
626 Souza Ferreira E, et al. Utilization of Agro-Industrial Residues in the Rearing and Nutritional  
627 Enrichment of *Zophobas atratus* Larvae: New Food Raw Materials. *Molecules*. 17 de outubro  
628 de 2022;27(20):6963.
- 629 23. Mlcek J, Adamkova A, Adamek M, Borkovcova M, Bednarova M, Knizkova I. Fat  
630 from Tenebrionidae Bugs - Sterols Content, Fatty Acid Profiles, and Cardiovascular Risk  
631 Indexes. *Pol J Food Nutr Sci*. 22 de agosto de 2019;69(3):247–54.
- 632 24. Kim SY, Kim HG, Song SH, Kim NJ. Developmental characteristics of *Zophobas*  
633 *atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars. *International Journal of*  
634 *Industrial Entomology*. 30 de junho de 2015;30(2):45–9.
- 635 25. Kröncke N, Baur A, Bösch V, Demtröder S, Benning R, Delgado A. Automation of  
636 Insect Mass Rearing and Processing Technologies of Mealworms (*Tenebrio molitor*). Em:  
637 Adam Mariod A, organizador. *African Edible Insects As Alternative Source of Food, Oil,*  
638 *Protein and Bioactive Components* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020

- 639 [citado 6 de novembro de 2024]. p. 123–39. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32952-5_8)  
640 [32952-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32952-5_8)
- 641 26. EFSA EP on N Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck D, Castenmiller J, De  
642 Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Kearney J, et al. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio*  
643 *molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFS2 [Internet]. janeiro  
644 de 2021 [citado 6 de novembro de 2024];19(1). Disponível em:  
645 <https://data.europa.eu/doi/10.2903/j.efsa.2021.6343>
- 646 27. Ferrer-Gallego R, Silva P. The Wine Industry By-Products: Applications for Food  
647 Industry and Health Benefits. *Antioxidants*. 14 de outubro de 2022;11(10):2025.
- 648 28. Kruk J, Aboul-Enein BH, Duchnik E, Marchlewicz M. Antioxidative properties of  
649 phenolic compounds and their effect on oxidative stress induced by severe physical exercise. *J*  
650 *Physiol Sci*. dezembro de 2022;72(1):19.
- 651 29. Bastos EL, Schliemann W. Betalains as Antioxidants. Em: Ekiert HM, Ramawat KG,  
652 Arora J, organizadores. *Plant Antioxidants and Health* [Internet]. Cham: Springer International  
653 Publishing; 2022 [citado 7 de novembro de 2024]. p. 51–93. Disponível em:  
654 [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78160-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78160-6_9)
- 655 30. Gopalan M, Jadhav AS. Protective effect beetroot *Beta vulgaris* extract against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  
656 Induced Oxidative stress in U87MG glioma cells. *SAJEB*. 24 de maio de 2021;11(3):266–74.
- 657 31. Ferrer-Gallego R, Silva P. The Wine Industry By-Products: Applications for Food  
658 Industry and Health Benefits. *Antioxidants*. 14 de outubro de 2022;11(10):2025.
- 659 32. Ding L, Zhang X, Zhang J. Antioxidant Activity In Vitro Guided Screening and  
660 Identification of Flavonoids Antioxidants in the Extract from *Tetrastigma hemsleyanum* Diels  
661 et Gilg. Venuti V, organizador. *International Journal of Analytical Chemistry*. 23 de novembro  
662 de 2021;2021:1–11.
- 663 33. Zhang X, Tang H, Chen G, Qiao L, Li J, Liu B, et al. Growth performance and  
664 nutritional profile of mealworms reared on corn stover, soybean meal, and distillers' grains.  
665 *European Food Research and Technology*. 1º de dezembro de 2019;245.
- 666 34. Al-Mentafji HN. AOAC. Official Methods Of Analysis. 18th Ed., Association of  
667 Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, 2005. 3 de fevereiro de 2016;
- 668 35. Bligh EG, Dyer WJ. A RAPID METHOD OF TOTAL LIPID EXTRACTION AND  
669 PURIFICATION. *Can J Biochem Physiol*. 1º de agosto de 1959;37(8):911–7.
- 670 36. AOAC. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th Ed., Association of Official  
671 Analytical Chemists, Arlington, VA: USA. 1990;
- 672 37. Mendonca S. Efeito hipocolesterolemizante da proteína de amaranto (*Amaranthus*  
673 *cruentus* BRS-Alegria) em hamsters. 2006 [citado 6 de novembro de 2024]; Disponível em:  
674 <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/882802>
- 675 38. Janssen RH, Vincken JP, Van Den Broek LAM, Fogliano V, Lakemond CMM.  
676 Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor* ,

- 677 *Alphitobius diaperinus* , and *Hermetia illucens*. J Agric Food Chem. 22 de março de  
678 2017;65(11):2275–8.
- 679 39. AOAC International. AOAC Internacional, 1995 Métodos oficiais de análise. AOAC  
680 International; 1995.
- 681 40. Souza CO de, Leite MEQ, Lasekan J, Baggs G, Pinho LS, Druzian JI, et al. Milk  
682 protein-based formulas containing different oils affect fatty acids balance in term infants: A  
683 randomized blinded crossover clinical trial. Lipids Health Dis. 14 de abril de 2017;16(1):78.
- 684 41. Oliveira CDS, Fonseca Maciel L, Spínola Miranda M, Da Silva Bispo E. Phenolic  
685 compounds, flavonoids and antioxidant activity in different cocoa samples from organic and  
686 conventional cultivation. British Food Journal. 6 de setembro de 2011;113(9):1094–102.
- 687 42. Kanzler, C, Schestkova, H, Haase, P.T. Formation of Reactive Intermediates, Color,  
688 and Antioxidant Activity in the Maillard Reaction of Maltose in Comparison to d -Glucose.  
689 2017;65,(. J. Agric. Food Chem.).
- 690 43. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate  
691 antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology. 1995;28(1):25–30.
- 692 44. RUFINO, M. do S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S. de, PÉREZ-JIMÉNEZ, J.,  
693 SAURA-CALIXTO, F., MANCINI FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant  
694 capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. - Portal Embrapa [Internet]. 2010  
695 [citado 7 de novembro de 2024]. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/880820/bioactive-compounds-and-antioxidant-capacities-of-18-non-traditional-tropical-fruits-from-brazil)  
696 [publicacoes/-/publicacao/880820/bioactive-compounds-and-antioxidant-capacities-of-18-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/880820/bioactive-compounds-and-antioxidant-capacities-of-18-non-traditional-tropical-fruits-from-brazil)  
697 [non-traditional-tropical-fruits-from-brazil](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/880820/bioactive-compounds-and-antioxidant-capacities-of-18-non-traditional-tropical-fruits-from-brazil)
- 698 45. Natividade MMP, Corrêa LC, Souza SVCD, Pereira GE, Lima LCDO. Simultaneous  
699 analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method validation and  
700 characterization of São Francisco Valley samples. Microchemical Journal. setembro de  
701 2013;110:665–74.
- 702 46. Costa S, Pedro S, Lourenço H, Batista I, Teixeira B, Bandarra NM, et al. Evaluation of  
703 *Tenebrio molitor* larvae as an alternative food source. NFS Journal. novembro de 2020;21:57–  
704 64.
- 705 47. Silva JPP, Bolanho BC, Stevanato N, Massa TB, Silva C. Ultrasound-assisted  
706 extraction of red beet pigments ( *Beta vulgaris* L.): Influence of operational parameters and  
707 kinetic modeling. J Food Process Preserv [Internet]. outubro de 2020 [citado 5 de novembro  
708 de 2024];44(10). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.14762>
- 709 48. Dang-Bao T, Tran UPN. Stability Improvement of Betalains Recovered from Red  
710 Dragon Fruit Peels (*Hylocereus polyrhizus*) by Cellulose-Based Encapsulation. Fibers Polym.  
711 agosto de 2023;24(8):2683–96.
- 712 49. R 4.3.3. <https://www.R-project.org>. 2024 [citado 29 de fevereiro de 2024]. R: O Projeto  
713 R para Computação Estatística. Disponível em: <https://www.r-project.org/>
- 714 50. Ribeiro N, Abelho M, Costa R. A Review of the Scientific Literature for Optimal  
715 Conditions for Mass Rearing *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of  
716 Entomological Science. outubro de 2018;53(4):434–54.

- 717 51. Rumbos CI, Ooninx DGAB, Karapanagiotidis IT, Vrontaki M, Gourgouta M, Asimaki  
718 A, et al. Agricultural by-products from Greece as feed for yellow mealworm larvae: circular  
719 economy at a local level. *JIFF*. 1º de janeiro de 2022;8(1):9–22.
- 720 52. Rumbos CI, Bliamplias D, Gourgouta M, Michail V, Athanassiou CG. Rearing  
721 *Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus* Larvae on Seed Cleaning Process Byproducts.  
722 *Insects*. 27 de março de 2021;12(4):293.
- 723 53. Bordiean A, Krzyżaniak M, Stolarski MJ. Bioconversion Potential of Agro-Industrial  
724 Byproducts by *Tenebrio molitor*—Long-Term Results. *Insects*. 6 de setembro de  
725 2022;13(9):810.
- 726 54. Kotsou K, Chatzimitakos T, Athanasiadis V, Bozinou E, Rumbos CI, Athanassiou CG,  
727 et al. Enhancing the Nutritional Profile of *Tenebrio molitor* Using the Leaves of *Moringa*  
728 *oleifera*. *Foods*. 6 de julho de 2023;12(13):2612.
- 729 55. Derler H, Lienhard A, Berner S, Grasser M, Posch A, Rehorska R. Use Them for What  
730 They Are Good at: Mealworms in Circular Food Systems. *Insects*. 6 de janeiro de  
731 2021;12(1):40.
- 732 56. Koyunoğlu C. Biofuel production utilizing *Tenebrio molitor*: A sustainable approach  
733 for organic waste management. *International Journal of Thermofluids*. maio de  
734 2024;22:100603.
- 735 57. Urrutia RI, Jesser EN, Gutierrez VS, Rodriguez S, Gumilar F, Murray AP, et al. From  
736 waste to food and bioinsecticides: An innovative system integrating *Tenebrio molitor*  
737 bioconversion and pyrolysis bio-oil production. *Chemosphere*. novembro de 2023;340:139847.
- 738 58. Kröncke N, Benning R. Self-Selection of Feeding Substrates by *Tenebrio molitor*  
739 Larvae of Different Ages to Determine Optimal Macronutrient Intake and the Influence on  
740 Larval Growth and Protein Content. *Insects*. 21 de julho de 2022;13(7):657.
- 741 59. Dreassi E, Cito A, Zanfini A, Materozzi L, Botta M, Francardi V. Dietary fatty acids  
742 influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor*  
743 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Lipids*. março de 2017;52(3):285–94.
- 744 60. Mancini S, Fratini F, Turchi B, Mattioli S, Dal Bosco A, Tuccinardi T, et al. Former  
745 Foodstuff Products in *Tenebrio Molitor* Rearing: Effects on Growth, Chemical Composition,  
746 Microbiological Load, and Antioxidant Status. *Animals*. 25 de julho de 2019;9(8):484.
- 747 61. Rumbos CI, Karapanagiotidis IT, Mente E, Psoufakis P, Athanassiou CG. Evaluation of  
748 various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *Sci Rep*.  
749 8 de julho de 2020;10(1):11224.
- 750 62. Liu C, Masri J, Perez V, Maya C, Zhao J. Growth Performance and Nutrient  
751 Composition of Mealworms (*Tenebrio Molitor*) Fed on Fresh Plant Materials-Supplemented  
752 Diets. *Foods*. fevereiro de 2020;9(2):151.
- 753 63. Son YJ, Hwang IK, Nho CW, Kim SM, Kim SH. Determination of Carbohydrate  
754 Composition in Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) Larvae and Characterization of Mealworm  
755 Chitin and Chitosan. *Foods*. 18 de março de 2021;10(3):640.

- 756 64. Hosseindoust A, Ha SH, Mun JY, Kim JS. Quality Characteristics of Black Soldier  
757 Flies Produced by Different Substrates. *Insects*. 29 de maio de 2023;14(6):500.
- 758 65. Zhou Y, Wang D, Zhou S, Duan H, Guo J, Yan W. Nutritional Composition, Health  
759 Benefits, and Application Value of Edible Insects: A Review. *Foods*. 7 de dezembro de  
760 2022;11(24):3961.
- 761 66. Nowak V, Persijn D, Rittenschober D, Charrondiere UR. Review of food composition  
762 data for edible insects. *Food Chemistry*. fevereiro de 2016;193:39–46.
- 763 67. Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal  
764 feed. *Animal Feed Science and Technology*. novembro de 2014;197:1–33.
- 765 68. Gkinali AA, Matsakidou A, Paraskevopoulou A. Characterization of *Tenebrio molitor*  
766 Larvae Protein Preparations Obtained by Different Extraction Approaches. *Foods*. 29 de  
767 novembro de 2022;11(23):3852.
- 768 69. Déniz C, Raba-Parodi C, García-Raimundo E, Macía I, Rivas F, Ureña A, et al.  
769 Preoperative Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Could Predict Postoperative Outcomes in  
770 Patients with Surgically Resected Non-Small-Cell Lung Cancer. *Current Oncology*. 28 de  
771 setembro de 2022;29(10):7086–98.
- 772 70. Stachowicz K. The role of polyunsaturated fatty acids in neuronal signaling in  
773 depression and cognitive processes. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. março de  
774 2023;737:109555.
- 775 71. De Carvalho C, Caramujo M. The Various Roles of Fatty Acids. *Molecules*. 9 de  
776 outubro de 2018;23(10):2583.
- 777 72. Ramos R, Nadal E, Peiró I, Masuet-Aumatell C, Macia I, Rivas F, et al. Preoperative  
778 nutritional status assessment predicts postoperative outcomes in patients with surgically  
779 resected non-small cell lung cancer. *European Journal of Surgical Oncology*. setembro de  
780 2018;44(9):1419–24.
- 781 73. Sokoła-Wysoczańska E, Wysoczański T, Wagner J, Czyż K, Bodkowski R, Lochyński  
782 S, et al. Polyunsaturated Fatty Acids and Their Potential Therapeutic Role in Cardiovascular  
783 System Disorders—A Review. *Nutrients*. 21 de outubro de 2018;10(10):1561.
- 784 74. Bordiean A, Krzyżaniak M, Aljewicz M, Stolarski MJ. Influence of Different Diets on  
785 Growth and Nutritional Composition of Yellow Mealworm. *Foods*. 4 de outubro de  
786 2022;11(19):3075.
- 787 75. Riekkinen K, Väkeväinen K, Korhonen J. The Effect of Substrate on the Nutrient  
788 Content and Fatty Acid Composition of Edible Insects. *Insects*. 28 de junho de 2022;13(7):590.
- 789 76. Boukid F, Riudavets J, Del Arco L, Castellari M. Impact of Diets Including Agro-  
790 Industrial By-Products on the Fatty Acid and Sterol Profiles of Larvae Biomass from *Ephesia*  
791 *kuehniella*, *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*. *Insects*. 26 de julho de 2021;12(8):672.
- 792 77. Keil C, Grebenteuch S, Kröncke N, Kulow F, Pfeif S, Kanzler C, et al. Systematic  
793 Studies on the Antioxidant Capacity and Volatile Compound Profile of Yellow Mealworm

- 794 Larvae (*T. molitor* L.) under Different Drying Regimes. *Insects*. 3 de fevereiro de  
795 2022;13(2):166.
- 796 78. Ruschioni S, Loreto N, Foligni R, Mannozi C, Raffaelli N, Zamporlini F, et al.  
797 Addition of Olive Pomace to Feeding Substrate Affects Growth Performance and Nutritional  
798 Value of Mealworm (*Tenebrio Molitor* L.) Larvae. *Foods*. 10 de março de 2020;9(3):317.
- 799 79. Chen J, Liu H. Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. *IJMS*. 8  
800 de agosto de 2020;21(16):5695.
- 801 80. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). Scientific Opinion  
802 on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty  
803 acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFS2* [Internet]. março  
804 de 2010 [citado 5 de novembro de 2024];8(3). Disponível em:  
805 <https://data.europa.eu/doi/10.2903/j.efsa.2010.1461>
- 806 81. Baldacchino F, Spagnoletta A, Lamaj F, Vitale ML, Verrastro V. First Optimization of  
807 Tomato Pomace in Diets for *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Insects*. 1º de  
808 novembro de 2023;14(11):854.
- 809 82. Francardi, Valeria, Cito, Annarita, Fusi, Sara, Fusi, Sara, Botta, Maurizio, Dreassi,  
810 Elena. LINSEED TO INCREASE N-3 FATTY ACIDS IN TENEBRIO MOLITOR  
811 (COLEOPTERA TENEBRIONIDAE). *Redia*. 15 de dezembro de 2017;73–6.
- 812 83. Brai A, Vagaggini C, Pasqualini C, Poggialini F, Tarchi F, Francardi V, et al. Use of  
813 distillery by-products as *Tenebrio molitor* mealworm feed supplement. *JIFF*. 28 de abril de  
814 2023;9(5):611–24.
- 815 84. Gulcin İ, Alwasel SH. DPPH Radical Scavenging Assay. *Processes*. 26 de julho de  
816 2023;11(8):2248.
- 817 85. Pourreza N. Phenolic Compounds as Potential Antioxidant. *Jundishapur J Nat Pharm*  
818 *Prod*. 2 de novembro de 2013;8(4):149–50.
- 819 86. Bastola KP, Guragain YN, Bhadriraju V, Vadlani PV. Evaluation of Standards and  
820 Interfering Compounds in the Determination of Phenolics by Folin-Ciocalteu Assay Method  
821 for Effective Bioprocessing of Biomass. *AJAC*. 2017;08(06):416–31.
- 822 87. Monagas M, Gómez-Cordovés C, Bartolomé B, Laureano O, Ricardo Da Silva JM.  
823 Monomeric, Oligomeric, and Polymeric Flavan-3-ol Composition of Wines and Grapes from  
824 *Vitis vinifera* L. Cv. Graciano, Tempranillo, and Cabernet Sauvignon. *J Agric Food Chem*. 1º  
825 de outubro de 2003;51(22):6475–81.
- 826 88. Chengolova Z, Ivanov Y, Godjevargova T. Comparison of Identification and  
827 Quantification of Polyphenolic Compounds in Skins and Seeds of Four Grape Varieties.  
828 *Molecules*. 12 de maio de 2023;28(10):4061.
- 829 89. Karastergiou A, Gancel AL, Jourdes M, Teissedre PL. Valorization of Grape Pomace:  
830 A Review of Phenolic Composition, Bioactivity, and Therapeutic Potential. *Antioxidants*. 19  
831 de setembro de 2024;13(9):1131.

- 832 90. Sanchez MDLL, Caltzontzin V, Feregrino-Pérez AA. Nutritional Composition,  
833 Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Different Samples of Water Boatmen Eggs  
834 (Hemiptera: Corixidae). *Foods*. 21 de dezembro de 2022;12(1):28.
- 835 91. Chalamaiah M, Dinesh Kumar B, Hemalatha R, Jyothirmayi T. Fish protein  
836 hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and  
837 applications: A review. *Food Chemistry*. dezembro de 2012;135(4):3020–38.
- 838 92. Chengolova Z, Ivanov Y, Godjevargova T. Comparison of Identification and  
839 Quantification of Polyphenolic Compounds in Skins and Seeds of Four Grape Varieties.  
840 *Molecules*. 12 de maio de 2023;28(10):4061.
- 841 93. Erhirhie E, Paul C. Edible Insects bio-actives as anti-oxidants: Current status and  
842 perspectives. *J Complement Med Res*. 2019;10(2):1.
- 843 94. Bakshi PS, Selvakumar D, Kadirvelu K, Kumar NS. Chitosan as an environment  
844 friendly biomaterial – a review on recent modifications and applications. *International Journal*  
845 *of Biological Macromolecules*. maio de 2020;150:1072–83.
- 846 95. Zielińska E, Karaś M, Jakubczyk A. Antioxidant activity of predigested protein  
847 obtained from a range of farmed edible insects. *Int J of Food Sci Tech*. fevereiro de  
848 2017;52(2):306–12.
- 849 96. D'Antonio V, Serafini M, Battista N. Dietary Modulation of Oxidative Stress From  
850 Edible Insects: A Mini-Review. *Front Nutr*. 26 de fevereiro de 2021;8:642551.
- 851 97. Punia Bangar S, Sharma N, Sanwal N, Lorenzo JM, Sahu JK. Bioactive potential of  
852 beetroot (*Beta vulgaris*). *Food Research International*. agosto de 2022;158:111556.
- 853 98. Silva A, Silva V, Igrejas G, Aires A, Falco V, Valentão P, et al. Phenolic compounds  
854 classification and their distribution in winemaking by-products. *Eur Food Res Technol*. 1º de  
855 fevereiro de 2023;249(2):207–39.
- 856 99. He F, Liang NN, Mu L, Pan QH, Wang J, Reeves MJ, et al. Anthocyanins and Their  
857 Variation in Red Wines I. Monomeric Anthocyanins and Their Color Expression. *Molecules*.  
858 7 de fevereiro de 2012;17(2):1571–601.
- 859 100. Kong JM, Chia LS, Goh NK, Chia TF, Brouillard R. Analysis and biological activities  
860 of anthocyanins. *Phytochemistry*. novembro de 2003;64(5):923–33.
- 861 101. Lee YM, Yoon Y, Yoon H, Park HM, Song S, Yeum KJ. Dietary Anthocyanins against  
862 Obesity and Inflammation. *Nutrients*. outubro de 2017;9(10):1089.
- 863 102. Sharif N, Khoshnoudi-Nia S, Jafari SM. Nano/microencapsulation of anthocyanins; a  
864 systematic review and meta-analysis. *Food Research International*. 1º de junho de  
865 2020;132:109077.
- 866 103. Wang L, Lan W, Chen D. Blueberry (*Vaccinium spp.*) Anthocyanins and Their  
867 Functions, Stability, Bioavailability, and Applications. *Foods*. 8 de setembro de  
868 2024;13(17):2851.

- 869 104. Donovan JL, Crespy V, Oliveira M, Cooper KA, Gibson BB, Williamson G. (+)-  
870 Catechin is more bioavailable than (-)-catechin: Relevance to the bioavailability of catechin  
871 from cocoa. *Free Radical Research*. janeiro de 2006;40(10):1029–34.
- 872 105. Tagliazucchi D, Verzelloni E, Bertolini D, Conte A. In vitro bio-accessibility and  
873 antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry*. maio de 2010;120(2):599–606.
- 874 106. Boyer J, Brown D, Liu RH. In vitro digestion and lactase treatment influence uptake of  
875 quercetin and quercetin glucoside by the Caco-2 cell monolayer. *Nutr J*. 11 de janeiro de  
876 2005;4(1):1.
- 877 107. Yuan Y, Fan Q, Xu X, Wang O, Zhao L, Zhao L. Nanocarriers based on  
878 polysaccharides for improving the stability and bioavailability of Anthocyanins: A review.  
879 *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. 1º de dezembro de 2023;6:100346.
- 880 108. Chou TY, Yang MJ, Tseng SK, Lee SS, Chang CC. Tea silkworm droppings as an  
881 enriched source of tea flavonoids. *Journal of Food and Drug Analysis*. janeiro de  
882 2018;26(1):41–6.
- 883 109. Madadi E, Mazloum-Ravasan S, Yu JS, Ha JW, Hamishehkar H, Kim KH. Therapeutic  
884 Application of Betalains: A Review. *Plants*. 17 de setembro de 2020;9(9):1219.
- 885

886 Tabela 1. Caracterização físico-química de larvas de *Zophobas atratus* alimentadas com  
887 resíduo de uva, beterraba e batata por 49 dias.

		<b>Uva</b>	<b>Beterraba</b>	<b>Batata</b>
<b>Crescimento</b>	<b>TM %</b>	4,67 ± 1,15 a	2,67 ± 0,67 a	3 ± 1,15 a
	<b>ECA %</b>	37,67 ± 2 b	119,09 ± 13 c	31,3 ± 0 a
	<b>TCA g/g</b>	2,65 ± 0,12 b	0,84 ± 0,10 a	3,19 ± 0,01 c
<b>Teor de umidade (Base umida)</b>				
	<b>H%</b>	67,66 ± 2,04 bc	72,18 ± 4,11 c	54,04 ± 2,82 a
<b>Composição Corporal (Base seca)</b>	<b>Cinza %</b>	3,37 ± 0,19 ab	3,6 ± 0,02 b	2,59 ± 0,05 a
	<b>Lipídeo %</b>	35,58 ± 0,61 b	24,57 ± 0,08 a	52,73 ± 3,32 c
	<b>Proteína %</b>	54,43 ± 0,22 b	56,22 ± 1,08 b	35,54 ± 0,39 a
	<b>Carboidratos%</b>	6.62 a	15.61 c	9.14 b

888

889

890 A tabela 1 apresenta os resultados de um experimento comparando três tratamentos: uva, beterraba e batata. As  
891 análises realizadas abrangem tanto o Crescimento: Taxa de Mortalidade (TM%), Eficiência de Conversão  
892 Alimentar (ECA%) e Taxa de Conversão Alimentar (TCA g/g), quanto a composição corporal, com as seguintes  
893 variáveis avaliadas: Cinzas, Lipídeos, Teor de umidade e Proteína. Os valores foram expressos como média  
894 aritmética ± desvio padrão (n = 3). Letras diferentes na linha indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey  
895 ( $p \leq 0,05$ ; n = 3).

896

897 Tabela 2. Comparação do perfil de ácidos graxos (% área) de amostras de larvas de *Zophobas*  
 898 *atratus* alimentadas com resíduo de uva, beterraba e batata por 49 dias.

Ácidos Graxos (%)			Tratamentos		
			Uva	Beterraba	Batata
Saturados	C8:0	Ácido Caprílico	0,83±0,05 b	0,6±0,05 a	0,70±0,12 b
	C10:0	Ácido Cáprico	0,18±0,02 b	0,17±0,01 b	0,09±0,01 a
	C14:0	Ácido Mirístico	1,10±0,02 b	1,05±0,00 a	0,96±0,06 a
	C16:0	Ácido Palmítico	30,20±0,56 a	33,32±0,11 b	36,6±0,36 c
	C18:0	Ácido Esteárico	6,75±0,7 a	8,76±0,02 b	9,10±0,12 c
Monoinsaturados	C16:1	Ácido Palmitoleico	0,89±0,05 b	0,64±0,02 a	1,24±0,05 c
	C18:1n9c	Ácido Oleico	31,41±0,22 a	32,36±0,28 b	35,76±0,43 c
Poli-insaturados	C18:2n6c	Ácido Linoleico	24,98±0,2 c	20,61±0,01 b	14,61±0,15 a
	C18:3n3	Ácido Alfa-linolênico	1,21±0,04 b	0,50±0,01 a	0,45±0,05 a
	Σ SFA		39,06±0,05 a	44,26±0,19 b	47,46±0,43 c
	Σ MUFA		32,30±0,17 a	33,00±0,26 b	37,00±0,38 c
	Σ PUFA		26,19±0,17 c	21,11±0,00 b	15,06±0,07 a
	n-6/ n-3		20,64±0,5 a	42,22±0,7 c	32,47 b
	outros ácidos graxos		2,46±0,35 c	1,63±0,45 b	0,57±0,14 a
	Σ PUFA/Σ SFA	0,67±0,00 c	0,48±0,00 b	0,32±0,00 a	
	Σ MUFA/Σ SFA	0,83±0,00 a	0,75±0,00 b	0,78±0,01 b	

899 A tabela 2 apresenta o perfil de ácidos graxos das larvas de *Zophobas atratus* alimentadas com três tipos de  
 900 substrato (uva, beterraba e batata) por 49 dias, categorizados em saturados, monoinsaturados e poli-insaturados,  
 901 expressos em porcentagens (%). As proporções entre ácidos graxos saturados totais (Σ SFA), ácidos graxos  
 902 monoinsaturados totais (Σ MUFA), ácidos graxos poli-insaturados totais (Σ PUFA) foram calculadas da seguinte  
 903 forma: Σ PUFA/Σ SFA, Σ MUFA/Σ SFA, n-6 (ácidos graxos da série n-6) e n-3 (ácidos graxos da série n-3).  
 904  
 905

906 Tabela 3: Fenólicos totais e antioxidantes dos substratos, larvas e fezes de *Zophobas atratus* alimentadas com resíduo de uva, beterraba  
 907 e batata por 49 dias.

		Substrato			Larvas			Fezes		
		Uva	Beterraba	Batata	Uva	Beterraba	Batata	Uva	Beterraba	Batata
<b>Fenólico</b>	mgGAE/100g	16,11 ± 0,470 c	11,33 ± 0,13 b	2,11 ± 0,86 a	15,17 ± 0,25 b	13,39 ± 0,12 a	13,45 ± 0,47 a	27,38 ± 1,53 c	8,64 ± 0,34 b	1,45 ± 0 b
<b>DPPH</b>	mg GAE /g	304,53 ± 1,15 c	249,43 ± 6,49 b	78,48 ± 4,58 a	187,59 ± 6,11 b	270,23 ± 4,58 c	147,62 ± 0,76 a	307,77 ± 1,15 b	323,43 ± 0,38 c	222,69 ± 1,53 a
<b>ABTS</b>	mg TE/g	18,11 ± 0,03 c	12,65 ± 0,47 b	6,7 ± 0 a	12,01 ± 1,55 bc	12,58 ± 0,16 c	10,64 ± 0,37 a	6,59 ± 0,05 a	12,17 ± 0,37 c	8,93 ± 0,05 b

908

909 A tabela 3 apresenta os resultados de um experimento com diferentes tratamentos (uva, beterraba, batata) e suas respectivas análises em diferentes blocos (substrato,  
 910 larvas, fezes). Os dados incluem a quantidade de compostos fenólicos, DPPH (capacidade antioxidante), e ABTS (capacidade antioxidante medida por outro  
 911 método). Os valores foram expressos como média aritmética ± desvio padrão (n = 3). Letras diferentes na linha indicam diferenças significativas no mesmo bloco  
 912 pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ; n = 3), as diferenças entre diferentes blocos não foram consideradas estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ; n  
 913 = 3).

914

915

916 Tabela 4. Composição Fenólica (mg/g da massa seca) dos substratos, fezes e larvas de *Zophobas atratus* alimentadas com resíduo de  
 917 uva, beterraba e batata por 49 dias.

mg/g	UVA			BETERRABA			BATATA		
	Substrato	Larvas	Fezes	Substrato	Larvas	Fezes	Substrato	Larvas	Fezes
SYRINGIC ACID	1,78 ± 0,05	0,33 ± 0,0	5,24 ± 0,19	nd	0,25 ± 0,0	0,74 ± 0,02	-	-	0,52 ± 0,03
GALLIC ACID	2,44 ± 0,06	nd	5,02 ± 0,11	0,49 ± 0,04	nd	nd	nd	nd	nd
P-COUMARIC ACID	Ph	0,26 ± 0,00	0,267 ± 0,0	1,56 ± 0,02	1,02	-	0,85 ± 0,00	-	-
TRANS-FERULIC ACID	0,27 ± 0,00	nd	0,39 ± 0,02	0,35 ± 0,02	-	0,75 ± 0,00	0,24 ± 0,00	nd	0,25 ± 0,01
CAFTARIC ACID	0,64 ± 0,01	0,17 ± 0,0	1,04 ± 0,01	1,26 ± 0,05	nd	0,43 ± 0,00	0,29 ± 0,00	0,49 ± 0,02	1,00 ± 0,01
CAFFEIC ACID	nd	-	nd	0,32 ± 0,05	-	0,60 ± 0,01	1,76 ± 0,00	nd	0,36 ± 0,00
CHLOROGENIC ACID	nd	-	nd	1,03 ± 0,15	0,24 ± 0,0	17,15 ± 1,28	1,79 ± 0,02	nd	0,34 ± 0,11
(+)-CATECHIN	0,37 ± 0,04	1,28 ± 0,2	22,03 ± 0,66	0,47 ± 0,07	0,78 ± 0,01	54,07 ± 0,97	0,32 ± 0,10	0,44 ± 0,02	9,54 ± 0,04
(-)-EPICATECHIN	0,49 ± 0,02	nd	0,87 ± 0,01	0,39 ± 0,02	0,27 ± 0,0	0,62 ± 0,01	-	-	nd
PROCYANIDIN B1	Fva	0,31 ± 0,01	0,03 ± 0,02	1,00 ± 0,0	-	0,13 ± 0,0	0,57 ± 0,04	-	0,06 ± 0,01
PROCYANIDIN A2	0,56 ± 0,05	-	0,47 ± 0,01	nd	0,37 ± 0,0	1,2 ± 0,11	-	0,27 ± 0,02	0,28 ± 0,00
(-)- EPICATECHIN GALLATE	nd	-	nd	nd	-	0,25	-	-	-
(-)-EPIGALLACATECHIN GALLATE	0,52 ± 0,02	nd	0,77 ± 0,01	0,72 ± 0,04	0,33 ± 0,01	2,07 ± 0,09	0,36 ± 0,00	nd	0,53 ± 0,01
QUERCETIN-3-O-B-D GLUCOSIDE	1,05 ± 0,01	1,02 ± 0,06	1,02 ± 0,01	1,23 ± 0,03	1,36 ± 0,01	1,25 ± 0,16	1,29 ± 0,02	1,18 ± 0,14	1,32 ± 0,01
ISORHAMNETIN-3-O-B-D-GLUCOSIDE	Fvo	0,23 ± 0,04	-	-	-	nd	-	nd	nd
MYRICETIN	-	-	-	-	-	-	-	nd	-
KAEMPFEROL-3-GLUCOSIDE	2,08 ± 0,13	-	1,30 ± 0,14	-	nd	-	-	nd	nd
CIS-RESVERATROL	1,48 ± 0,13	0,24 ± 0,0	2,19 ± 0,12	0,32 ± 0,01	0,21 ± 0,0	0,60	0,21 ± 0,00	0,23 ± 0,00	0,22 ± 0,00
TRANS-RESVERATROL	1,11 ± 0,14	0,20 ± 0,0	0,33 ± 0,01	-	nd	0,35 ± 0,00	-	-	-
TRANS-PICEATANNOL	Est	0,65 ± 0,02	0,40 ± 0,0	-	-	0,51 ± 0,01	-	-	-
E-VINIFERIN	1,89 ± 0,06	nd	0,90 ± 0,05	nd	-	-	-	-	-
MALVIDIN-3-O-GLUCOSIDE	Ant	0,34 ± 0,08	-	1,71 ± 0,5	nd	nd	nd	nd	nd
BETACIANINAS	nd	nd	nd	7,70 ± 0,00	0,70 ± 0,10	0,92 ± 0,00	nd	nd	nd
BETAXANTINAS	Bet	nd	nd	nd	3,65 ± 0,0	0,31 ± 0,06	0,32 ± 0,01	nd	nd
SOMA	16,56	3,17	45,86	8,12	3,94	80,03	6,279	2,676	14,373

918

919 Tabela 4 representa análise qualitativa dos Compostos Fenólicos onde nd = não detectável. - = traços (detectável, mas não quantificável) e o Fenólico detectável  
 920 e quantificável são expressos em mg/g da massa seca Ph= ácido fenólico, Fva= Flavanols, Fvo= Flavonols, Est= Estilbenos, Ant= Antocianinas, Bet= Betalainas.

921

922

923

924

925

926 Tabela 5: Somatória de compostos fenólicos (mg/g da massa seca) identificados e quantificados nos substratos, nas fezes e nas larvas  
 927 de *Zophobas atratus* alimentadas com resíduo de uva, beterraba e batata por 49 dias.

928

929

930

931

932

933

934

mg/g	UVA			BETERRABA			BATATA		
	Substrato	Larvas	Fezes	Substrato	Larvas	Fezes	Substrato	Larvas	Fezes
Σ Ph	5,43± 0,03 bB	0,59± 0,1 aA	13,24± 0,14 cA	4,48± 0,23 bAB	0,49± 0,0 aA	20,52± 1,33 cA	4,09± 0,04 cA	0,49± 0,03 aA	2,37± 0,15 b
Σ Flva	2,25± 0,11 aC	1,31± 0,23 aAB	25,14± 0,7 bB	1,59± 0,09 aB	1,88± 0,03 aB	58,79± 1,29 bC	0,68± 0,10 aA	0,78± 0,06 aA	10,35± 0,06 bA
Σ Fvo	3,82± 0,11 cB	1,02± 0,07 aA	2,33± 0,13 bB	1,22± 0,04 aA	1,36± 0,01 aA	1,25± 0,16 aA	1,29± 0,03 aA	1,25± 0,10 aA	1,32± 0,02 aA
Σ Est	5,13± 0,01 cC	0,24± 0,00 aA	3,41± 0,16 bC	0,82± 0,02 bB	0,21± 0,0 aA	1,47± 0,02 cB	0,20± 0,0 aA	0,23± 0,0 aA	0,22± 0,0 aA
Σ Ant	0,34± 0,07 a	-	1,71± 0,52 a	-	-	-	-	-	-
Total	16,98± 0,27 bC	3,16± 0,32 aB	45,85± 1,66 cB	8,12± 0,30 bB	3,94± 0,04 aB	82,03± 2,74 cC	6,27± 0,16 bA	2,76± 0,0 aA	14,27± 0,23 cA

946

947 Tabela 5 representa as somas dos grupos dos Compostos Fenólicos identificados e quantificados. onde - = não quantificável e o Fenólico detectável e quantificável  
 948 são expressos em mg/g da massa seca Σ Ph = soma aritmética dos ácido fenólico, Σ Flva = soma aritmética dos Flavanols, Σ Fvo = soma aritmética dos Flavonols,  
 949 Σ Est = soma aritmética dos Estilbenos, Σ Ant = soma aritmética dos Antocianinas, Total = soma aritmética de todos os compostos. Letras minúsculas diferentes  
 950 na linha indicam diferenças significativas no mesmo tratamento entre diferentes blocos, letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferenças significativas do  
 951 mesmo bloco em diferentes tratamentos, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Bloco(Substrato, Larvas e Fezes), Tratamento(Uva Beterraba e Batata).

952

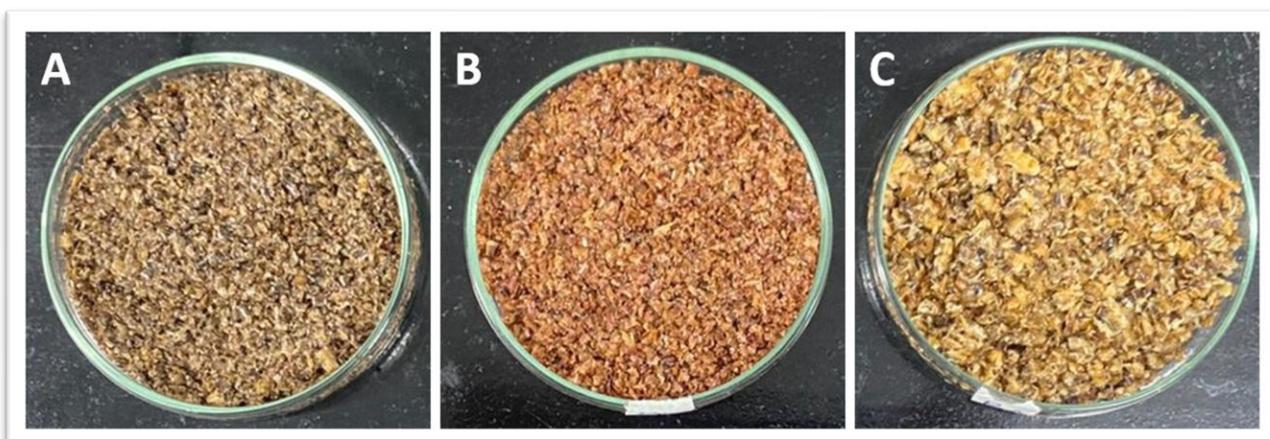
953 **Figura 1:** As larvas de *Zophobas atratus* liofilizadas a pois 49 dias alimentadas com resíduo  
 954 de uva (A), beterraba (B) e Batata (C)

955 a) As larvas inteiras



956

957 b) As larvas trituradas



958

959 *Fonte: Acervos do autor*

960

961 Tabela 6 – Avaliação colorimétrica ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$  e  $h^*$ ) da larvas alimentadas com  
 962 substratos de uva, beterraba e batata.

Parâmetros	Uva	Beterraba	Batata
$L^*$	$49,89 \pm 0,01$	$52,61 \pm 0,01$	$54,29 \pm 0,01$
$a^*$	$2,08 \pm 0,01$	$5,31 \pm 0,01$	$2,30 \pm 0,01$
$b^*$	$3,66 \pm 0,01$	$6,70 \pm 0,01$	$6,96 \pm 0,01$
$c^*$	$4,21 \pm 0,01$	$8,55 \pm 0,01$	$7,33 \pm 0,01$
$h^*$	$60,36 \pm 0,01$	$51,58 \pm 0,01$	$71,74 \pm 0,01$

963

L = lightness; a = redness; b = yellowness.

## Agradecimentos

Este trabalho foi financeiramente apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, nº XXXXXXX/XXXX-X). A bolsa de Kodjovi Ayena (BOL0199/2023) foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB)

## Contribuição dos Autores

**Kodjovi Ayena:** Conceituação, Metodologia, Validação, Investigação, planejamento e realização dos experimentos, Redação - revisão e edição. **Thomas Vieira Machado Bacelar:** Realização dos experimentos. **Vanessa Cosme Ferreira:** Supervisão, Captação de recursos. **Caroline Pereira Mourão Moraes:** Realização dos experimentos. **Renata Quartieri Nascimento:** Conceituação, Análise formal, Administração do projeto, Supervisão. **Aline Camarão Telles Biasoto:** Conceituação, Análise formal, Administração do projeto, Captação de recursos. **Carolina Oliveira De SOUZA:** Conceituação, Análise formal, Redação - revisão e edição, Administração do projeto, Captação de recursos. **Marcelo Andres Umsza-Guez:** Conceituação, Análise formal, Redação - revisão e edição, Administração do projeto, Captação de recursos, Responsabilidade principal pelo conteúdo final

## Conflitos de Interesse

Todos os autores declaram não haver conflito de interesse em relação à pesquisa descrita, à publicação dos resultados e a questões financeiras.

## **6. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados deste estudo demonstram que as dietas tem um influência na qualidade nutricional das larvas e que a alimentação com resíduos agroindustriais pode ser uma estratégia promissora para melhorar o perfil nutricional de insetos comestíveis. Com isso, o uso de larvas de insetos como as de *Zophobas atratus* alimentadas com dietas alternativas pode representar uma fonte sustentável e eficiente de proteína, contribuindo para a diversificação das fontes alimentares e para a redução do impacto ambiental da produção animal tradicional.

## REFERÊNCIAS

AKAN, S.; TUNA GUNES, N.; ERKAN, M. Red beetroot: Health benefits, production techniques, and quality maintaining for food industry. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 10, out. 2021.

ALEXANDRATOS, N. World Agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. 2012.

ALMEIDA, R. L. J. et al. Influência da espessura na cinética de secagem de fatias de beterraba. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e18942940, 18 mar. 2020.

ASSENG, S. et al. Wheat yield potential in controlled-environment vertical farms. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 32, p. 19131–19135, 11 ago. 2020.

BARAMPOUTI, E. M. et al. A sustainable approach to valorize potato peel waste towards biofuel production. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 13, n. 9, p. 8197–8208, jun. 2021.

BEDNÁŘOVÁ, M. et al. Edible insects - species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 61, n. 3, p. 587–593, 23 maio 2013a.

BEDNÁŘOVÁ, M. et al. Edible insects - species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 61, n. 3, p. 587–593, 23 maio 2013b.

BEN ATITALLAH, I. et al. On the evaluation of different saccharification schemes for enhanced bioethanol production from potato peels waste via a newly isolated yeast strain of *Wickerhamomyces anomalus*. **Bioresource Technology**, v. 289, p. 121614, out. 2019.

BHATTACHARYA, A.; NAND, A.; PRAJOGO, D. Taxonomy of antecedents of food waste – A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 291, p. 125910, 1 abr. 2021.

BILALI, H. E. Research on food losses and waste in North Africa. **The North African Journal of Food and Nutrition Research**, v. 2, n. 3, p. 51–58, 4 abr. 2018.

BORDIEAN, A. et al. Will Yellow Mealworm Become a Source of Safe Proteins for Europe? **Agriculture**, v. 10, n. 6, p. 233, 17 jun. 2020a.

BORDIEAN, A. et al. Will Yellow Mealworm Become a Source of Safe Proteins for Europe? **Agriculture**, v. 10, n. 6, p. 233, 17 jun. 2020b.

BUBALO, M. C. et al. New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. **Food and Bioproducts Processing**, v. 109, p. 52–73, 1 maio 2018.

BUGAIAN, L.; DIACONU, C. Quantifying the sustainability of the wine sector through life cycle assessment (LCA). **Economia Contemporană**, v. 4, p. 63–69, 2012.

CABAS, B. M.; ICIER, F. Ohmic Heating–Assisted Extraction of Natural Color Matters from Red Beetroot. **Food and Bioprocess Technology**, v. 14, n. 11, p. 2062–2077, nov. 2021.

CAPONIO, G. et al. Effects of Grape Pomace Polyphenols and In Vitro Gastrointestinal Digestion on Antimicrobial Activity: Recovery of Bioactive Compounds. **Antioxidants**, v. 11, n. 3, p. 567, 16 mar. 2022.

CASTRO, R. J. S. D. et al. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 76, p. 82–89, jun. 2018.

CHATTERJEE, S.; VENKATA MOHAN, S. Refining of vegetable waste to renewable sugars for ethanol production: Depolymerization and fermentation optimization. **Bioresource Technology**, v. 340, p. 125650, nov. 2021.

CHHIKARA, N. et al. Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. **Food Chemistry**, v. 272, p. 192–200, jan. 2019.

CHOHAN, N. A. et al. Valorisation of potato peel wastes for bioethanol production using simultaneous saccharification and fermentation: Process optimization and kinetic assessment. **Renewable Energy**, v. 146, p. 1031–1040, fev. 2020.

COLLINS, C. M.; VASKOU, P.; KOUNTOURIS, Y. Insect Food Products in the Western World: Assessing the Potential of a New ‘Green’ Market. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 112, n. 6, p. 518–528, 11 nov. 2019.

CONWAY, A.; JAISWAL, S.; JAISWAL, A. K. The Potential of Edible Insects as a Safe, Palatable, and Sustainable Food Source in the European Union. **Foods**, v. 13, n. 3, p. 387, 24 jan. 2024.

CORDELL, G. A. Cognate and cognitive ecopharmacognosy — in an anthropogenic era. **Phytochemistry Letters**, v. 20, p. 540–549, 1 jun. 2017.

CORTES ORTIZ, J. A. et al. **Insect Mass Production Technologies**. Elsevier, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128028568000065>>. Acesso em: 6 nov. 2024

DAS, M.; GANGULY, A.; HALDAR, P. Producción de biomasa anual de dos acrídidos (Orthoptera: Acrididae) como alimento alternativo para aves de corral. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 3, p. 671–680, 6 jun. 2012.

DE VRIES, M.; DE BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. **Livestock Science**, v. 128, n. 1, p. 1–11, 1 mar. 2010.

DRANCA, F.; MIRONEASA, S. Hot-air drying vs. lyophilization of sugar beet flakes for efficient pectin recovery and influence of extraction conditions on pectin physicochemical properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 265, p. 131063, abr. 2024.

EBRAHIMIAN, F.; DENAYER, J. F. M.; KARIMI, K. Potato peel waste biorefinery for the sustainable production of biofuels, bioplastics, and biosorbents. **Bioresource Technology**, v. 360, p. 127609, set. 2022.

EFSA, E. P. ON N., Novel Foods and Food Allergens (NDA) et al. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. **EFSA Journal**, v. 19, n. 1, jan. 2021.

EILENBERG, J.; VAN LOON, J. J. A. Insects: Key Biological Features. Em: HALLORAN, A. et al. (Eds.). **Edible Insects in Sustainable Food Systems**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 3–15.

EU, C. R. **Regulamento de execução - 2017/2469 - EN - EUR-Lex**. Disponível em: <[https://eur-lex.europa.eu/eli/reg\\_impl/2017/2469/oj/eng](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2017/2469/oj/eng)>. Acesso em: 28 dez. 2024.

EU, C. R. **Commission Regulation (EU) 2021/1372 of 17 August 2021 amending Annex IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the prohibition to feed non-ruminant farmed animals, other than fur animals, with protein derived from animals (Text with EEA relevance)**. OJ L, 17 ago. 2021. Disponível em: <<http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1372/oj/eng>>. Acesso em: 28 dez. 2024

FAO. Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. 2015.

FARHAN, M. et al. Assessment of Beetroot powder as nutritional, antioxidant, and sensory evaluation in candies. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 15, p. 101023, mar. 2024.

FERREIRA-SANTOS et al. Extraction of phenolic compounds from grape pomace using ohmic heating: Chemical composition, bioactivity and bioaccessibility. **Food Chemistry**, v. 436, p. 137780, mar. 2024.

FERREIRA-SANTOS, P. et al. Green and Sustainable Valorization of Bioactive Phenolic Compounds from Pinus By-Products. **Molecules**, v. 25, n. 12, p. 2931, 25 jun. 2020.

FERREIRA-SANTOS, P. et al. Sequential multi-stage extraction of biocompounds from *Spirulina platensis*: Combined effect of ohmic heating and enzymatic treatment. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 71, p. 102707, jul. 2021.

FERRER-GALLEGO, R.; SILVA, P. The Wine Industry By-Products: Applications for Food Industry and Health Benefits. **Antioxidants**, v. 11, n. 10, p. 2025, 14 out. 2022.

FILHO, W. B. DO N.; FRANCO, C. R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968–1987, 3 jul. 2015.

FINKE, M. D. Complete nutrient content of three species of wild caught insects, pallid-winged grasshopper, rhinoceros beetles and white-lined sphinx moth. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 1, n. 4, p. 281–292, 7 dez. 2015.

FINKE, M. D.; OONINCX, D. Insects as food for insectivores. Em: **Mass production of beneficial organisms**. [s.l.] Elsevier, 2023. p. 511–540.

FU, Y. et al. Red Beetroot Betalains: Perspectives on Extraction, Processing, and Potential Health Benefits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 42, p. 11595–11611, 21 out. 2020.

GALANAKIS, C. M. The Food Systems in the Era of the Coronavirus (COVID-19) Pandemic Crisis. **Foods**, v. 9, n. 4, p. 523, abr. 2020.

GAROFALO, C. et al. Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. **Food Research International**, v. 125, p. 108527, nov. 2019.

GEADA, P. et al. Electrotechnologies applied to microalgal biotechnology – Applications, techniques and future trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 94, p. 656–668, out. 2018.

GOVORUSHKO, S. Global status of insects as food and feed source: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 91, p. 436–445, set. 2019.

GUERRINI, A. et al. Antioxidant and antimicrobial extracts obtained from agricultural by-products: Strategies for a sustainable recovery and future perspectives. **Food and Bioprocess Processing**, v. 124, p. 397–407, 1 nov. 2020.

GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U. **Global food losses and food waste**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011.

GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U. The methodology of the FAO study: “Global Food Losses and Food Waste - extent, causes and prevention”- FAO, 2011. **SIK - The Swedish Institute for Food and Biotechnology**, 2013.

HALLORAN, A. et al. (EDS.). **Edible Insects in Sustainable Food Systems**. Cham: Springer International Publishing, 2018.

HARSÁNYI, E. et al. Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* Larvae as Alternative Feed Supplements. **Insects**, v. 11, n. 9, p. 604, 5 set. 2020.

HASAN, Z.; LATEEF, M. Transforming food waste into animal feeds: an in-depth overview of conversion technologies and environmental benefits. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 12, p. 17951–17963, 1 mar. 2024.

HE, F. et al. Anthocyanins and Their Variation in Red Wines I. Monomeric Anthocyanins and Their Color Expression. **Molecules**, v. 17, n. 2, p. 1571–1601, 7 fev. 2012.

HENCHION, M. et al. Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. **Foods**, v. 6, n. 7, p. 53, 20 jul. 2017.

JONGEMA. **List of edible insects of the world**. Wageningen, The Netherlands: Wageningen University. URL. , 2017. Disponível em: <<https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>>. Acesso em: 19 dez. 2024

JUNEJA, D. et al. Compendious Study of Interaction Protocols in Multiagent Systems. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 7, n. 3.8, p. 1, 7 jul. 2018.

KAZA, S. et al. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. [s.l.] World Bank Publications, 2018.

KIM, S. Y. et al. Developmental characteristics of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars. **International Journal of Industrial Entomology**, v. 30, n. 2, p. 45–49, 30 jun. 2015.

KIM, T.-K. et al. Application of Edible Insects as Novel Protein Sources and Strategies for Improving Their Processing. **Food Science of Animal Resources**, v. 42, n. 3, p. 372–388, maio 2022.

KOSEČKOVÁ, P. et al. Mineral profile of cricket powders, some edible insect species and their implication for gastronomy. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 107, p. 104340, abr. 2022.

KOUŘIMSKÁ, L.; ADÁMKOVÁ, A. Nutritional and sensory quality of edible insects. **NFS Journal**, v. 4, p. 22–26, out. 2016.

KRÖNCKE, N. et al. Automation of Insect Mass Rearing and Processing Technologies of Mealworms (*Tenebrio molitor*). Em: ADAM MARIOD, A. (Ed.). **African Edible Insects As Alternative Source of Food, Oil, Protein and Bioactive Components**. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 123–139.

KRUK, J. et al. Antioxidative properties of phenolic compounds and their effect on oxidative stress induced by severe physical exercise. **The Journal of Physiological Sciences**, v. 72, n. 1, p. 19, dez. 2022.

KUNDUNGAL, H. et al. Efficient biodegradation of polyethylene (HDPE) waste by the plastic-eating lesser waxworm (*Achroia grisella*). **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 26, n. 18, p. 18509–18519, jun. 2019.

LÄHTEENMÄKI-UUTELA, A.; MARIMUTHU, S. B.; MEIJER, N. Regulations on insects as food and feed: a global comparison. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 7, n. 5, p. 849–856, 13 ago. 2021.

LIM, T. K. **Edible Medicinal and Non Medicinal Plants: Volume 9, Modified Stems, Roots, Bulbs**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015.

LUCAS, A. J. D. S. et al. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 311, p. 126022, maio 2020.

MAICAS, S.; MATEO, J. J. Sustainability of Wine Production. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 559, 11 jan. 2020.

MALLA, N. et al. Some Insect Species Are Good-Quality Protein Sources for Children and Adults: Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) Determined in Growing Pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 152, n. 4, p. 1042–1051, abr. 2022.

MÁRMOL, I. et al. Valorization of agro-food by-products and their potential therapeutic applications. **Food and Bioproducts Processing**, v. 128, p. 247–258, jul. 2021.

MCGUIRE, S. FAO, IFAD, and WFP. The State of Food Insecurity in the World 2015: Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress. Rome: FAO, 2015. **Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)**, v. 6, n. 5, p. 623–624, set. 2015.

MIAN, M. M. et al. Municipal solid waste management in China: a comparative analysis. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 19, n. 3, p. 1127–1135, jul. 2017.

MIGLIETTA, P. P. et al. Mealworms for Food: A Water Footprint Perspective. **Water**, v. 7, n. 11, p. 6190–6203, nov. 2015.

MILINČIĆ, D. D. et al. Phenolic compounds and biopotential of grape pomace extracts from Prokupac red grape variety. **LWT**, v. 138, p. 110739, mar. 2021.

MLCEK, J. et al. Fat from Tenebrionidae Bugs - Sterols Content, Fatty Acid Profiles, and Cardiovascular Risk Indexes. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 69, n. 3, p. 247–254, 22 ago. 2019.

MONTANARI, F.; PINTO DE MOURA, A.; CUNHA, L. **Production and Commercialization of Insects as Food and Feed**. [s.l: s.n.].

MORUZZO, R.; MANCINI, S.; GUIDI, A. Edible Insects and Sustainable Development Goals. **Insects**, v. 12, n. 6, p. 557, 15 jun. 2021.

MOULICK, S. P. et al. Nutritional characteristics and antiradical activity of turmeric (*Curcuma longa* L.), beetroot (*Beta vulgaris* L.), and carrot (*Daucus carota* L.) grown in Bangladesh. **Heliyon**, v. 9, n. 11, p. e21495, nov. 2023.

NAVA, A. L. et al. Circular economy approach for mealworm industrial production for human consumption. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 463, n. 1, p. 012087, 1 mar. 2020.

NOWAK, V. et al. Review of food composition data for edible insects. **Food Chemistry**, v. 193, p. 39–46, fev. 2016.

OGNIK, K. et al. Antioxidant Status and Liver Function of Young Turkeys Receiving a Diet with Full-Fat Insect Meal from *Hermetia illucens*. **Animals**, v. 10, n. 8, p. 1339, 3 ago. 2020.

OJHA, S. et al. Bioavailability of nutrients from edible insects. **Current Opinion in Food Science**, v. 41, p. 240–248, out. 2021.

OLIVEIRA, T. C. G. et al. Reuse of fruits and vegetables biowaste for sustainable development of natural ingredients. **Food Bioscience**, v. 53, p. 102711, jun. 2023.

OMUSE, E. R. et al. The global atlas of edible insects: analysis of diversity and commonality contributing to food systems and sustainability. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 5045, 29 fev. 2024.

OONINCX, D. G. A. B. et al. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. **PLOS ONE**, v. 10, n. 12, p. e0144601, 23 dez. 2015.

OONINCX, D. G. A. B.; DE BOER, I. J. M. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. **PLoS ONE**, v. 7, n. 12, p. e51145, 19 dez. 2012.

ORDOÑEZ-ARAQUE, R.; EGAS-MONTENEGRO, E. Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 23, p. 100304, abr. 2021.

OTERO, P. et al. Extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor* with improved fatty acid profile due to ultrasound assisted or pressurized liquid extraction. **Food Chemistry**, v. 314, p. 126200, jun. 2020.

PARODI, A. et al. The potential of future foods for sustainable and healthy diets. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 12, p. 782–789, 14 dez. 2018.

PATEL, S.; SULERIA, H. A. R.; RAUF, A. Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 352–359, abr. 2019.

PAYNE, C. L. R. et al. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. **Trends in Food Science & Technology**, v. 47, p. 69–77, jan. 2016.

PEIXOTO, C. M. et al. Grape pomace as a source of phenolic compounds and diverse bioactive properties. **Food Chemistry**, v. 253, p. 132–138, jul. 2018.

PIPPINATO, L. et al. Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, n. 4, p. 371–381, 11 ago. 2020.

PLEISSNER, D.; RUMPOLD, B. A. Utilization of organic residues using heterotrophic microalgae and insects. **Waste Management**, v. 72, p. 227–239, fev. 2018.

PRATHER, C. M.; LAWS, A. N. Insects as a piece of the puzzle to mitigate global problems: an opportunity for ecologists. **Basic and Applied Ecology**, v. 26, p. 71–81, fev. 2018.

PRIETO-SANTIAGO, V. et al. Relationship between color and betalain content in different thermally treated beetroot products. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 9, p. 3305–3313, set. 2020.

PUNIA BANGAR, S. et al. Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). **Food Research International**, v. 158, p. 111556, ago. 2022a.

PUNIA BANGAR, S. et al. Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). **Food Research International**, v. 158, p. 111556, ago. 2022b.

RAY, R. C.; RAVI, V. Post Harvest Spoilage of Sweetpotato in Tropics and Control Measures. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, n. 7–8, p. 623–644, out. 2005.

RICIPUTI, Y. et al. Establishment of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from industrial potato by-products using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 269, p. 258–263, dez. 2018.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 57, n. 5, p. 802–823, maio 2013a.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 57, n. 5, p. 802–823, maio 2013b.

SAMPAIO, S. L. et al. Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 103, p. 118–129, set. 2020a.

SAMPAIO, S. L. et al. Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 103, p. 118–129, set. 2020b.

SAMPAIO, S. L. et al. Phenolic composition and cell-based biological activities of ten coloured potato peels (*Solanum tuberosum* L.). **Food Chemistry**, v. 363, p. 130360, nov. 2021.

SARDANA, R. K. et al. Dietary impact on esophageal cancer in humans: a review. **Food & Function**, v. 9, n. 4, p. 1967–1977, 2018.

SATERIALE, D. et al. Vine-Winery Byproducts as Precious Resource of Natural Antimicrobials: In Vitro Antibacterial and Antibiofilm Activity of Grape Pomace Extracts against Foodborne Pathogens. **Microorganisms**, v. 12, n. 3, p. 437, 21 fev. 2024a.

SATERIALE, D. et al. Vine-Winery Byproducts as Precious Resource of Natural Antimicrobials: In Vitro Antibacterial and Antibiofilm Activity of Grape Pomace Extracts against Foodborne Pathogens. **Microorganisms**, v. 12, n. 3, p. 437, 21 fev. 2024b.

SCHERHAUFER, S. et al. Environmental impacts of food waste in Europe. **Waste Management**, v. 77, p. 98–113, jul. 2018.

SCHRÖGEL, P.; WÄTJEN, W. Insects for Food and Feed-Safety Aspects Related to Mycotoxins and Metals. **Foods**, v. 8, n. 8, p. 288, 26 jul. 2019.

SEO, M. et al. *Tenebrio molitor* Larvae Inhibit Adipogenesis through AMPK and MAPKs Signaling in 3T3-L1 Adipocytes and Obesity in High-Fat Diet-Induced Obese Mice. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 3, p. 518, 28 fev. 2017.

SILVA, A. et al. Phenolic compounds classification and their distribution in winemaking by-products. **European Food Research and Technology**, v. 249, n. 2, p. 207–239, 1 fev. 2023.

SILVA, A. et al. Red Grape By-Products from the Demarcated Douro Region: Chemical Analysis, Antioxidant Potential and Antimicrobial Activity against Food-Borne Pathogens. **Molecules**, v. 29, n. 19, p. 4708, 4 out. 2024.

SON, Y.-J. et al. Could Defatted Mealworm (*Tenebrio molitor*) and Mealworm Oil Be Used as Food Ingredients? **Foods**, v. 9, n. 1, p. 40, 2 jan. 2020.

SON, Y.-J. et al. Determination of Carbohydrate Composition in Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) Larvae and Characterization of Mealworm Chitin and Chitosan. **Foods**, v. 10, n. 3, p. 640, 18 mar. 2021.

ŠOŠTARIĆ, T. et al. Food Waste (Beetroot and Apple Pomace) as Sorbent for Lead from Aqueous Solutions—Alternative to Landfill Disposal. **Processes**, v. 11, n. 5, p. 1343, 26 abr. 2023.

SPIEGEL, V. D.; NOORDAM, M. Y.; FELS-KLERX, H. J. V. D. Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 6, p. 662–678, nov. 2013.

SUN YOUNG KIM et al. Developmental characteristics of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars. **International Journal of Industrial Entomology**, v. 30, n. 2, p. 45–49, 30 jun. 2015.

SUN YOUNG KIM et al. Nutritional analysis of alternative feed ingredients and their effects on the larval growth of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Entomological Research**, v. 47, n. 3, p. 194–202, maio 2017.

TAE-KYUNG KIM et al. Edible Insects as a Protein Source: A Review of Public Perception, Processing Technology, and Research Trends. **Food Science of Animal Resources**, v. 39, n. 4, p. 521–540, ago. 2019.

THIRUVENGADAM, M. et al. A comprehensive review of beetroot ( *Beta vulgaris* L.) bioactive components in the food and pharmaceutical industries. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 64, n. 3, p. 708–739, 25 jan. 2024.

TOTI, E. et al. Entomophagy: A Narrative Review on Nutritional Value, Safety, Cultural Acceptance and A Focus on the Role of Food Neophobia in Italy. **European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education**, v. 10, n. 2, p. 628–643, 3 jun. 2020.

TRAYNOR, A. et al. An analysis of emerging food safety and fraud risks of novel insect proteins within complex supply chains. **npj Science of Food**, v. 8, n. 1, p. 7, 20 jan. 2024.

TZOMPA-SOSA, D. A. et al. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. **Food Research International**, v. 62, p. 1087–1094, ago. 2014.

UDE, M. U.; OLUKA, I.; EZE, P. C. Optimization and kinetics of glucose production via enzymatic hydrolysis of mixed peels. **Journal of Bioresources and Bioproducts**, v. 5, n. 4, p. 283–290, nov. 2020.

UNDESA, U. N. D. OF E. AND S. A., Population Division. **World Population Prospects 2024: Summary of Results | DESA Publications**. (UN DESA/POP/2024/TR/NO. 9), , 11 jul. 2024. Disponível em: <<https://desapublications.un.org/publications/world-population-prospects-2024-summary-results>>. Acesso em: 20 dez. 2024

UNITED NATIONS. **World population prospects 2019: highlights**. New York: United Nations, 2019a.

UNITED NATIONS. **Department of Economic and Social Affairs Population Dynamics**. World Population Prospects, , 2019b. Disponível em: <[https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Department+of+Economic+and+Social+Affairs,+Population+Dynamics&author=United+Nations&publication\\_year=2019](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Department+of+Economic+and+Social+Affairs,+Population+Dynamics&author=United+Nations&publication_year=2019)>. Acesso em: 5 nov. 2024

VAN BROEKHOVEN, S. et al. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. **Journal of Insect Physiology**, v. 73, p. 1–10, fev. 2015.

VAN HUIS, et al. **Edible insects: future prospects for food and feed security**. Rome: FAO, 2013.

VAN HUIS, A. Edible insects are the future? **The Proceedings of the Nutrition Society**, v. 75, n. 3, p. 294–305, ago. 2016.

VAN HUIS, A. Prospects of insects as food and feed. **Organic Agriculture**, v. 11, n. 2, p. 301–308, jun. 2021.

VAN HUIS, A. et al. Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. **Annual Review of Nutrition**, v. 41, n. 1, p. 551–576, 11 out. 2021.

WADE, M.; HOELLE, J. A review of edible insect industrialization: scales of production and implications for sustainability. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 12, p. 123013, 1 dez. 2020.

WAHYUDI, I. A. et al. Analgesic, Anti-Inflammatory and Anti-Biofilm-Forming Activity of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Peel Extract. **Indonesian Journal of Cancer Chemoprevention**, v. 11, n. 1, p. 30–35, 6 mar. 2020.

WANG, Y.-S.; SHELOMI, M. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. **Foods**, v. 6, n. 10, p. 91, 18 out. 2017.

WHITE, R. R.; HALL, M. B. Nutritional and greenhouse gas impacts of removing animals from US agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 48, 28 nov. 2017.

WOOD, J. D. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 21–32, jan. 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2018: Building climate resilience for food security and nutrition**. [s.l.] Food & Agriculture Org., 2018.

WU, R. A. et al. Comparison of the nutritional value of mysore thorn borer (*Anoplophora chinensis*) and mealworm larva (*Tenebrio molitor*): Amino acid, fatty acid, and element profiles. **Food Chemistry**, v. 323, p. 126818, set. 2020.

YESİL, V.; TATAR, Ö. AN INNOVATIVE APPROACH TO PRODUCE FORAGE CROPS: BARLEY FODDER IN VERTICAL FARMING SYSTEM. **Scientific Papers. Series A. Agronomy**, v. 63, n. 1, jun. 2020.

YI, L. et al. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3341–3348, dez. 2013.

ZAMAN, I. et al. Biodegradation of polyethylene and polystyrene by *Zophobas atratus* larvae from Bangladeshi source and isolation of two plastic-degrading gut bacteria. **Environmental Pollution**, v. 345, p. 123446, mar. 2024.

ZHOU, Y. et al. Nutritional Composition, Health Benefits, and Application Value of Edible Insects: A Review. **Foods**, v. 11, n. 24, p. 3961, 7 dez. 2022.

ZHU, J. et al. Cradle-to-grave emissions from food loss and waste represent half of total greenhouse gas emissions from food systems. **Nature Food**, v. 4, n. 3, p. 247–256, mar. 2023.

ZIELIŃSKA, E.; KARASŃ, M.; BARANIAK, B. Comparison of functional properties of edible insects and protein preparations thereof. **LWT**, v. 91, p. 168–174, maio 2018.

## **PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA**

### **Participação em Resumo (publicado em anais de eventos);**

- **AYENA, K.; NASCIMENTO R. Q.; UMSZA-GUEZ, MARCELO A.; OLIVEIRA DE SOUZA, CAROLINA. PRODUÇÃO DE Zophobas morio (TENÉBRIO GIGANTE) UTILIZANDO RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COMO FONTE NUTRICIONAL SUSTENTÁVEL In: 29º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2024, Florianópolis/SC. 29º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2024,**

### **Participação em Organização de Evento Científico;**

- **BAHIA, A. C. S.; PEREIRA, E. L. S.; JESUS, G. B. S.; LOBO, E. B.; NASCIMENTO, K. C. C.; SANTOS, K. N.; FERNANDES, J. D. C.; VIEIRA, L. S.; OLIVEIRA, M. L.; SILVA, T. L. O.; CARNEIRO, T. B.; AYENA, K.; SANTOS, P. D. C. C.; BARBOSA, C. D.; SANTOS, Y. J. R.. 38º Semana de Farmácia - Passado, Presente e Futuro: Novas Fronteiras Farmacêuticas, 2024.**

### **Participação (ouvinte) em Evento Nacional/Regional/Local.**

- 29º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2024, Florianópolis/SC.