

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO**

***CAMPUS AVARÉ***

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE**

**LÍGIA OLIVEIRA DE MORAES**

**EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS DE INSETOS, AVALIAÇÃO DE SUAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E CARACTERIZAÇÃO DAS TORTAS  
RESIDUAIS**

**AVARÉ  
2022**

**LÍGIA OLIVEIRA DE MORAES**

**EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS DE INSETOS, AVALIAÇÃO DE SUAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E CARACTERIZAÇÃO DAS TORTAS  
RESIDUAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Marcela Pavan Bagagli

AVARÉ  
2022

Catálogo na fonte  
Instituto Federal de São Paulo – Campus Avaré  
Biblioteca Campus Avaré  
Bibliotecária: Anna Karolina Gomes Dias - CRB-8/9563

Moraes, Lígia Oliveira de  
Extração de lipídios de insetos, avaliação de suas características físico-químicas e  
caracterização das tortas residuais/ Lígia Oliveira de Moraes

Avaré, 2022.  
74 p.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Marcela Pavan Bagagli

Monografia (Graduação – Engenharia de Biosistemas) – Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré,  
Avaré, 2022.

1. Entomofagia. 2. Desengorduramento. 3. Lipídios. 4. Óleo de inseto.  
I. Bagagli. Marcela Pavan  
II. Título.

FORMULÁRIO N.º 46/2022 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG/AVR/IFSP

FOLHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
<b>IDENTIFICAÇÃO DO(A) ALUNO(A)</b>	
<b>Nome:</b>	LÍGIA OLIVEIRA DE MORAES
<b>Título:</b>	EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS DE INSETOS, AVALIAÇÃO DE SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E CARACTERIZAÇÃO DAS TORTAS RESIDUAIS
<b>Curso:</b>	Bacharelado em Engenharia de Biossistemas
<b>BANCA EXAMINADORA</b>	
<b>Nome:</b>	Dra. Adria de Sousa Bentes
<b>Instituição/Departamento:</b>	IFSP - Câmpus Capivari
<b>Nota:</b>	<b>9,8</b> <b>Julgamento:</b> ( x ) Aprovado ( ) Reprovado
<b>Assinatura:</b>	[assinado eletronicamente]
<b>Nome:</b>	Prof <sup>ª</sup> . Ma. Raíssa Maria Mattos Gonçalves
<b>Instituição/Departamento:</b>	IFSP - Câmpus Avaré
<b>Nota:</b>	<b>9,9</b> <b>Julgamento:</b> ( x ) Aprovado ( ) Reprovado
<b>Assinatura:</b>	[assinado eletronicamente]
<b>Nome:</b>	Marcela Pavan Bagagli
<b>Instituição/Departamento:</b>	IFSP - Câmpus Avaré
<b>Nota:</b>	<b>9,8</b> <b>Julgamento:</b> ( x ) Aprovado ( ) Reprovado
<b>Assinatura:</b>	[assinado eletronicamente]

RESULTADO FINAL
Como parte das exigências para conclusão do Curso de Engenharia de Biossistemas, o candidato(a)/aluno(a), em sessão pública, foi considerado <b>Aprovada</b> pela Comissão Examinadora, com média final <b>9,8</b> .

Documento assinado eletronicamente por:

- Marcela Pavan Bagagli, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/12/2022 11:09:59.
- Adria de Sousa Bentes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/12/2022 11:35:18.
- Raissa Maria Mattos Goncalves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/12/2022 14:24:36.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 464868  
Código de Autenticação: 9a3d385b35



Dedico aos meus queridos pais, Paulo e Rosa, e à minha irmã, Luana.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, pela saúde e pela proteção.

Agradeço aos meus queridos pais, que durante esses cinco anos de graduação me apoiaram emocional e financeiramente, me permitindo finalizar mais essa etapa, assim como todas as outras.

Agradeço à minha querida irmã, Luana, por sempre me apoiar, me ajudar em todos os momentos e estar presente, mesmo de longe. Obrigada por tudo!

Agradeço também aos demais familiares, em especial ao meu avô, Paulo Bento, por sempre me aconselhar e ao mesmo tempo dar aquele sermão que só ele sabe, mas também por todas as vezes que demonstrou seu amor, seja separando as gominhas roxas toda vez que o visitava ou sempre que me perguntava a próxima vez que voltaria, para poder marcar no calendário.

Agradeço à professora, orientadora e às vezes mãe de seus pupilos: Marcela. Obrigada pelo voto de confiança e por ter compartilhado seus conhecimentos, tornando tudo isso possível. Obrigada por sempre puxar minha orelha quando necessário e estar sempre presente.

Meus agradecimentos também aos demais professores, técnicos de laboratórios e colegas. Agradeço especialmente às minhas amigas, Jéssica e Letícia, por sempre estarem presentes, nos bons e maus momentos, me apoiando, confortando e gerando entretenimento.

Agradeço ao IFSP - Câmpus Avaré, pelo apoio estrutural e financeiro, à Biofábrica Agrin, pela parceria e doação dos insetos para esse trabalho e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

“A ciência progride quando as observações nos forçam  
a mudar as nossas ideias preconcebidas.”

(VERA RUBIN, 1928 - 2016)

## RESUMO

O consumo de insetos apresenta-se como uma fonte alternativa de lipídios e proteínas de elevado valor nutricional em relação às proteínas animais e vegetais, sendo visto pela FAO como uma forma de oferecer proteínas à população, com menor demanda do meio ambiente. Embora o consumo de insetos ainda seja considerado um “tabu alimentar” por grande parte da população, muitos estudos são observados na literatura buscando a introdução desses artrópodes em produtos alimentícios e rações animais. Este trabalho teve como objetivo estudar a extração da fração lipídica de baratas cinéreas adultas (*Nauphoeta cinerea*) (BC), de larvas de tenébrio gigante (*Zophobas morio*) (LTG), larvas de *Tenebrio molitor* (LTM) e larvas da mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) (LBSF), utilizando solventes orgânicos a quente e a frio, além de caracterizar a torta residual da extração. Os maiores teores de lipídios encontrados foram para LTG e LBSF na extração a quente, sendo o valor médio de lipídios de  $44,57 \pm 4,10\%$ , em base seca, e os menores teores de lipídios obtidos para BC ( $25,14 \pm 1,15\%$ ), não havendo diferenças significativas entre os dois tipos de extração utilizados, bem como não houve diferença com a quantificação dos lipídios para LTM. A quantidade remanescente de gordura nas tortas obtidas da extração a quente de lipídios foi reduzida, sendo que as tortas de LTG, LTM e LBSF apresentaram os maiores teores, estando o valor médio em  $1,09 \pm 0,22\%$ . O valor obtido na extração a quente da farinha de LTG foi 53 vezes superior a este valor residual. Na extração a quente a farinha de LTG apresentou os menores valores de cinzas ( $2,23 \pm 0,04\%$ ) e carboidratos totais (12,83%) e, em termos de proteínas, apresentaram os mesmos valores que LBSF. As tortas desengorduradas pelo método de Soxhlet apresentaram os maiores teores de proteína, atingindo valor médio de  $80,1 \pm 3,10\%$  para BC, LTM e LTG, contra  $69,00 \pm 7,22\%$  para as tortas desengorduradas a frio. Em termos gerais, os índices de acidez e de peróxido para todas as extrações foram muito elevados em relação às especificações para óleos refinados, 0,3% e 2,5 meq/kg, respectivamente. O perfil cromatográfico para as extrações a quente e a frio para cada inseto foi semelhante.

**Palavras-chave:** Entomofagia. Lipídios. Extração de lipídios. Óleo de inseto.



## ABSTRACT

The consumption of insects is presented as an alternative source of lipids and proteins of high nutritional value in relation to animal and vegetable proteins, being seen by FAO as a way of offering proteins to the population, with less demand from the environment. Although the consumption of insects is still considered a “food taboo” by a large part of the population, many studies are observed in the literature seeking the introduction of these arthropods in food products and animal feed. The objective of this work was to study the extraction of the lipid fraction of adult cinerea cockroaches (*Nauphoeta cinerea*) (BC), giant mealworm larvae (*Zophobas morio*) (LTG), larvae of *Tenebrio molitor* (LTM) and larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) (LBSF), using hot and cold organic solvents, in addition to characterizing the residual extraction cake. The highest lipid contents found were for LTG and LBSF in the hot extraction, with an average lipid value of  $44.57 \pm 4.10\%$ , on a dry basis, and the lowest lipid contents obtained for BC ( $25.14 \pm 1.15\%$ ), with no significant differences between the two types of extraction used, as well as there was no difference with the quantification of lipids for LTM. The remaining amount of fat in the cakes obtained from the hot extraction of lipids was reduced, and the LTG, LTM and LBSF cakes had the highest levels, with an average value of  $1.09 \pm 0.22\%$ . The value obtained in the hot extraction of the LTG flour was 53 times higher than this residual value. In the hot extraction, the LTG flour presented the lowest values of ash ( $2.23 \pm 0.04\%$ ) and total carbohydrates (12.83%) and, in terms of proteins, they presented the same values as LBSF. Pies defatted by the Soxhlet method had the highest protein contents, reaching an average value of  $80.1 \pm 3.10\%$  for BC, LTM and LTG, against  $69.00 \pm 7.22\%$  for the cold defatted pies. In general terms, the acid and peroxide values for all extractions were very high in relation to the specifications for refined oils, 0.3% and 2.5 meq/kg, respectively. The chromatographic profile for hot and cold extractions for each insect was similar.

**Key-words:** Entomophagy. Lipids. Lipid extraction. Insect oil.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Morfologia externa de um inseto. Divisão em tagmas: cabeça, tórax e abdome. 23

Figura 2 - Vantagens do uso de insetos e outros animais como fonte alimentar. 24

Figura 3 - Desenho esquemático do ciclo de vida de um mosquito comum (Chironomidae) mostrando os vários eventos e estágios de desenvolvimento. 26

Figura 4 – Países em que as espécies de insetos comestíveis são mais consumidas. 26

Figura 5 – Estrutura química da quitina. 29

Figura 6 – Classificação e tipos de lipídios. 30

Figura 7 - Apresentação esquemática da bioconversão de resíduos alimentares em biocombustível e ração animal. 32

Figura 8 – Molécula de ácido graxo saturado e de ácido graxo insaturado. 33

Figura 9 – Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho. 38

Figura 10 - Insetos desidratados utilizados no projeto: (a) BC, (b) LTM, (c) LTG e (d) LBSF. 39

Figura 11 – Ilustração da extração com solvente a frio dos lipídios da farinha de barata cinérea adulta (*Nauphoeta cinerea*). 41

Figura 12 – Ilustração da extração com solvente a quente dos lipídios da farinha de barata cinérea adulta (*Nauphoeta cinerea*). 42

Figura 13 – Ilustração dos lipídios obtidos pela extração a quente da farinha de BC, de LTG, de LBSF e de LTM. 47

Figura 14 – Cromatografia de camada delgada para a fração lipídica extraída a quente e a frio, de LTG e de LBSF. A corrida S refere-se ao óleo de soja refinado; B à banha de porco; Q à extração a quente; F à extração a frio. 53

Gráfico 1 – Porcentagem de lipídios (em base seca) extraídos a quente (Soxhlet) e a frio (Bligh-Dyer) para farinha de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ). 46

Gráfico 2 – Porcentagem (em base seca) de cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos totais (por diferença) nas amostras de farinha de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ). 48

Gráfico 3 – Porcentagem (em base seca) de cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos totais (por diferença) nas tortas do desengorduramento a quente (a) e a frio (b), de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ). 49

Gráfico 4 – Porcentagem (em base seca) proteínas nas farinhas com gordura e tortas desengorduradas a quente, de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ). 50

Gráfico 5 – Porcentagem (em base seca) proteínas nas tortas desengorduradas a quente e a frio, de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ). 51

Gráfico 6 – (a) Índice de acidez e (b) índice de peróxido nas tortas desengorduradas a quente e a frio, de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ). 52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de ácidos graxos presentes em *Tenebrio molitor* fresco. 33

Tabela 2 – Tamanho dos insetos utilizados no projeto, com média e desvio-padrão (DP). 39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRASCI	Associação Brasileira de Criadores de Insetos
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOCS	<i>American Oil Chemists' Society</i>
B	Banha de porco
BC	Barata Cinérea adulta ( <i>Nauphoeta cinerea</i> )
BSF	Mosca Black Soldier Fly ( <i>Hermetia illucens</i> )
cap.	Capítulo
CG	Cromatografia Gasosa
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DESA	Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais
DOI	Digital Object Identifier
DP	Desvio padrão
EAI-DF	Escritório de Assuntos Internacionais - Governo do Distrito Federal
ed.	Edição
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i>
<i>et al.</i>	E outros
F	Extração a Frio
f.	Folha

FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FATP	Proteína transportadora de ácidos graxos
FIB	<i>Food Ingredients Brasil</i>
G	Gramas (s)
GP	Ganho de Peso
ÍP	Índice de Peróxido
ISBN	International Standard Book Number
LBSF	Larvas de BSF
LTG	Larvas de Tenébrio gigante ( <i>Zophobas morio</i> )
LTM	Larvas de <i>Tenebrio molitor</i>
M	Mol
m/m	Massa/Massa
m/v	Massa/Volume
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Max	Máximo
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
meq/kg	Miliequivalente por quilograma
Min	Mínimo
µL	Microlitros

mL	Mililitros
Mm	Milímetros
n.	Número
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
p.	Página
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PETs	Animais domésticos
pH	Potencial Hidrogeniônico
PUFA	PolyUnsaturated Fatty Acids
Q	Extração a Quente
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
S	Óleo de Soja refinado
SC-CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono supercrítico
SIF	Serviço de Inspeção Federal
TCA	Taxa de Conversão Alimentar
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
v.	Volume
v/v	Volume/Volume

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
1.1 Problematização	21
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo Geral	22
1.2.2 Objetivos Específicos	22
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>233</b>
2.1 Insetos	233
2.1.1 Insetos na alimentação humana	25
2.1.2 Insetos na alimentação animal	2727
2.2 Lipídios em insetos	30
2.2.1 Quantidade de lipídios e fase do ciclo de vida dos insetos	31
2.2.2 Composição dos ácidos graxos para diferentes insetos	32
2.3 Forma de extração lipídica	34
2.3.1 Extração de lipídios de insetos	35
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>38</b>
3.1 Insetos	38
3.2 Preparo dos insetos	399
3.3 Extração dos lipídios	40
3.3.1 Extração a frio (Bligh-Dyer)	40



3.3.2 Extração a quente (Soxhlet)	411
3.4 Análise físico-química da fração lipídica extraída	42
3.4.1 Índice de acidez	422
3.4.2 Índice de peróxido	433
3.4.3 Cromatografia de camada delgada	444
3.5 Análise centesimal das tortas	444
3.5.1 Determinação de sólidos totais	444
3.5.2 Determinação de cinzas	444
3.5.3 Determinação do teor de nitrogênio total e estimativa do teor de proteínas	455
3.5.4 Determinação de lipídios	455
3.5.5 Carboidratos totais	466
3.6 Análise estatística	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>466</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>733</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A população mundial vem aumentando rapidamente, alcançando em 2022 um total de 8 bilhões de pessoas e com uma estimativa de crescimento de mais de 1 bilhão até 2037 (DESA, 2022). Essa intensificação populacional amplia também a demanda por alimentos, pois, segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), todos necessitarão ser alimentados, bem como os animais criados para responder a variadas utilidades (FAO, 2013).

A crescente demanda por alimentos acaba impactando negativamente em algumas externalidades, como poluição hídrica e de solo; causadas pelas atividades agropecuárias intensivas, que contribuem para degradação florestal, mudanças climáticas e redução da biodiversidade (FOLEY *et al.*, 2005). Além das questões ambientais, o valor dos alimentos de origem animal também é afetado, ficando cada vez mais caro e menos acessível, o que faz com que fontes alternativas de alimentos emerjam para suprir essas necessidades, como por exemplo, a prática da entomofagia (FAO, 2013).

A entomofagia surgiu na Idade da Pedra Lascada (paleolítico) e é definida como a prática de consumir insetos (SUTTON, 1995). Devido à falta de conhecimento sobre métodos de conservação e tecnologias para estocagem de alimentos na época, a ingestão de variados tipos de insetos tornou-se interessante (EATON; KONNER, 1985).

Segundo a FAO (2013) as mais de 1900 espécies de insetos comestíveis integram uma fração da dieta regular de aproximadamente 2 bilhões de pessoas em todo o globo terrestre, ingeridos inteiros ou moídos em pó ou pasta, e integrados em outros alimentos. Essa prática alimentar auxilia no combate à fome no mundo; que se refere ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 2 e no consumo e produção responsáveis (ODS 12) criados pela Organização das Nações Unidas (ONU) para cumprir com os acordos feitos na Agenda 2030, com objetivo geral de atingir a dignidade e a qualidade de vida para todos, sem comprometer o meio ambiente (EAI-DF, 2022). Entretanto, a entomofagia ainda é interpretada como “tabu alimentar”, especialmente

para indivíduos de sociedades ocidentais, causando certa repugnância, por questões estéticas ou por serem apontados como sujos, transmissores de doenças e julgados como pragas (COSTA NETO, 2003).

A produção de insetos como alimento deve seguir as exigências sanitárias, sendo fundamental a inspeção do Serviço de Inspeção Federal (SIF) e selo de autorização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), encarregado por garantir a qualidade de produtos comestíveis e não comestíveis de origem animal, designados para exportação e mercado interno (MORAES; FERNANDES, 2018). Sua comercialização, tanto para alimentação animal quanto para humana, tem sido considerada como nicho comercial, levantando atenção ecológica e ascendendo entre os produtores do mercado alimentício, simultaneamente com o custo habitual de fonte proteica, como carnes, farelo de peixe e de soja, utilizados na formulação de dietas alimentares animal (NG *et al.*, 2001).

Além de altas taxas de conversão de ração, taxas de crescimento e pegada ecológica baixa durante seu ciclo de vida, os insetos também apresentam rápida reprodução. Esses artrópodes são nutritivos e possuem elevado valor calórico, teor de vitaminas, proteínas e lipídios em sua composição (KOURIMSKÁ; ADÁMKOVÁ, 2016). Como exemplo, a carne bovina apresenta 20,2 g de proteína a cada 100 g de alimento cru, à proporção que a barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*) e o grilo preto (*Gryllus assimilis*) oferecem 60 e 48 g, respectivamente (MATOS, 2016). Por conta disso, os insetos vêm sendo utilizados na alimentação de alguns mamíferos, aves e peixes, como fonte proteica (CARVALHO, 2017; MARCIANO, 2019; FRECCIA *et al.*, 2020).

Dentre a composição centesimal de insetos comestíveis, destacam-se os lipídios; uma classe de substâncias caracterizadas pela alta solubilidade em solventes orgânicos e baixa em água, onde os ácidos graxos e seus derivados, ceras, esteróis e carotenoides são geralmente os compostos mais encontrados (RAMALHO; SUAREZ, 2013). Essas biomoléculas podem ser diferenciadas em óleos ou gorduras, de acordo com o ponto de fusão e têm papel biológico muito importante, pois atuam como antecessores de compostos essenciais, isolantes térmicos e elétricos, componentes não-proteicos das

membranas biológicas, fonte e transporte de combustível metabólico e de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), além de serem integrantes de biossinalização intra e intercelulares (MOTTA, 2003). O nível de gordura estabelece as características químicas, físicas, sensoriais e nutricionais, afetando gosto e textura dos alimentos, por isso é relevante destacar também seus papéis tecnológicos na elaboração de alimentos; como agentes emulsificantes, estruturantes; fundamentais para determinar características e ponto de derretimento, além de viscosidade e cristalinidade, por exemplo (FIB, 2016).

Os lipídios são muito interessantes para o desenvolvimento de produtos alimentícios e rações, onde seu teor pode ser avaliado por métodos gravimétricos baseados no peso do material seco que é submetido à extração através de solventes orgânicos a quente, como Soxhlet e Goldfish, por extração de solventes a frio, seguindo a metodologia de Bligh-Dyer, por exemplo, em que o óleo é retirado por uma combinação de solventes, ou ainda por prensagem a frio, que envolve uma moagem, forçando a saída do óleo. Para indicar a composição de ácidos graxos de gorduras e óleos para alimentação, a técnica de Cromatografia Gasosa (CG) tem sido empregada com eficácia (AOCS, 1997).

De acordo com Choi *et al.* (2017) uma etapa de desengorduramento conduz à concentração da proteína presente na farinha de inseto em escala laboratorial. Bußler *et al.* (2016), por exemplo, elevaram o teor proteico, de  $57,8 \pm 1,2\%$  para  $64,6 \pm 0,3\%$  e de  $34,7 \pm 0,2\%$  para  $44,9 \pm 1,4\%$  ao desengordurar farinha de *Tenebrio molitor* e de BSF (*Hermetia illucens*), respectivamente, utilizando hexano nessa etapa. Levando em conta esses resultados e o alto teor lipídico da maioria dos insetos comestíveis, o desengorduramento é uma etapa fundamental na produção de ingredientes enriquecidos com proteínas à base de insetos (TZOMPA-SOSA *et al.*, 2014).

## 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

De acordo com projeções do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da ONU (DESA, 2022), a população mundial chegará a 9,7 bilhões de pessoas em 2050 e junto com ela, o crescimento da demanda por alimentos (FAO, 2013), causando impactos ambientais negativos, como aumento da degradação florestal, maior exploração dos recursos hídricos e agrícolas e redução da biodiversidade (FOLEY *et al.*, 2005; VARELAS; LANGTON, 2017). Em decorrência disso, o valor dos alimentos de origem animal se torna cada vez menos acessível à maioria da população (ABREU *et al.*, 2001), sendo necessário encontrar alternativas alimentares sustentáveis para suprir essas necessidades, como por exemplo, a entomofagia (CHEN *et al.*, 2009; FAO, 2013), que é definida como a prática de consumir insetos (SUTTON, 1995).

O consumo de insetos apresenta-se como uma fonte alternativa de lipídios e proteínas de elevado valor nutricional, sendo visto pela FAO (2013) como uma forma de oferecer proteínas à população, com menor demanda do meio ambiente. A extração de lipídios de insetos é apresentada em alguns trabalhos como alternativa aos lipídios de origem animal e vegetal na alimentação (ATELLA; MAJEROWICZ; GONDIM, 2012; CHEN *et al.*, 2017; BENZERTIHA *et al.*, 2019; GASCO *et al.*, 2019; KIM *et al.*, 2020; SYPNIEWSKI *et al.*, 2020; JUSTINO; SANTOS; LEITE JUNIOR, 2021).

A extração de lipídios é interessante para o balanceamento de insumos para produção de rações e alimentos, sendo possível obter farinhas com elevado teor de proteínas e níveis desejados de lipídios, onde o método de extração pode impactar no rendimento do processo e nas características físico-químicas dos lipídios obtidos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Extrair os lipídios da farinha desidratada de baratas cinéreas adultas (*Nauphoeta cinerea*), de larvas de tenébrio gigante (*Zophobas morio*), de larvas de *Tenebrio molitor* e de larvas da mosca soldado negro (*Hermetia illucens*), com potencial para consumo humano e animal, utilizando duas metodologias distintas e avaliando as características físico-químicas da fração lipídica e da torta remanescente, contribuindo para área de tecnologias (tecnologias de produção - Agronegócio), conforme definição do MCTIC (Portarias nº 1.122, de 19.03.2020 e nº 1.329 de 27.03 de 2020) e para os ODS 2 e 12 (NU BRASIL, 2015).

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

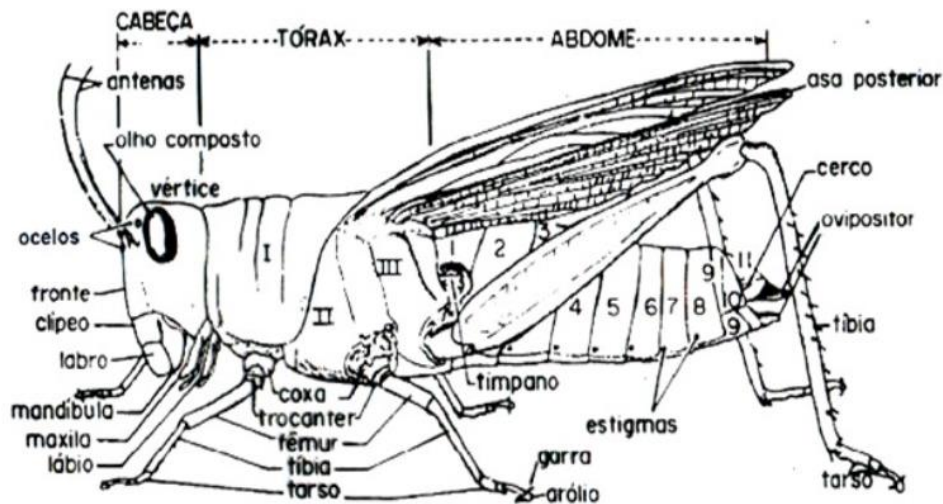
- a) Preparo dos insetos para extração dos lipídios, de forma a se obter farinha;
- b) Avaliação do rendimento da extração de lipídios através da aplicação de solvente a quente e a frio;
- c) Avaliação das características físico-químicas, em termos de acidez, índice de peróxido e cromatografia de camada delgada, das frações lipídicas obtidas em cada método;
- d) Avaliação da composição centesimal das tortas residuais da extração de lipídios.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Insetos

Os insetos pertencem à classe Insecta do filo Arthropoda e possuem um exoesqueleto quitinoso, com o corpo dividido em três tagmas (cabeça, tórax e abdome) (Figura 1). Na cabeça ficam localizados os principais órgãos dos sentidos, como as antenas, os olhos e o par de peças bucais (palpos). Os apêndices especializados na locomoção, como as patas e as asas, ficam localizados no tórax. Por fim, no abdome está presente grande parte dos órgãos internos (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

Figura 1 – Morfologia externa de um inseto. Divisão em tagmas: cabeça, tórax e abdome.



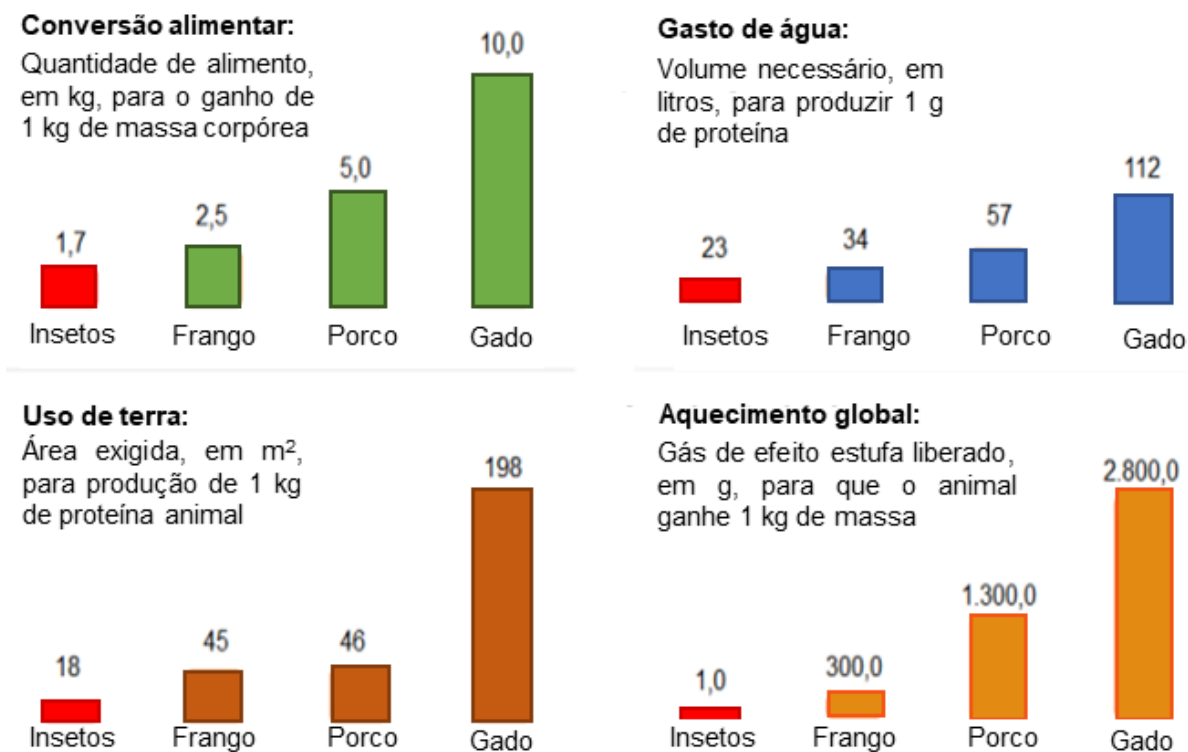
Fonte: Estorer; Usinger, 1971.

Dentre as espécies existentes de insetos, aproximadamente 2.000 já foram documentadas como comestíveis, sendo a maior parte de países tropicais (EFSA, 2015; BARENNE; PHIMMASANE; RAJAONARIVO, 2015). Dessas espécies catalogadas, poucas são designadas ao comércio para alimentação humana ou animal, por necessitarem de elevada quantidade de insetos a serem processados (LUCAS, 2021). Na produção de rações e alimentos, os insetos mais comuns são os besouros *Tenebrio molitor*, *Rhynchophorus ferrugineus* e *Rhynchophorus phoenicis*, grilos (*Gryllus bimaculatus* e *Gryllus assimilis*), bicho-da-seda (*Bombyx mori*) e mosca (*Musca domestica*) (ORTIZ *et al.*, 2016).

Apontados como ingredientes alimentares promissores, os insetos, além de serem ricos em proteínas são excelentes fontes de lipídios, minerais e fibras (FAO, 2013), possuem ciclos de vida curtos e, dependendo do substrato utilizado para sua criação, são fáceis de produzir e manusear (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020). De acordo com a FAO (2013), eles emitem relativamente baixas quantidades de amônia e gases de efeito estufa quando comparados aos bovinos e suínos, além de poderem se alimentar de subprodutos orgânicos e demais biomassas, não competindo diretamente com suprimento alimentar humano e podendo substituir ingredientes como a farinha de peixe, de ossos e carne, de vísceras de frango ou farelo de soja na alimentação animal (FRANÇA *et al.*, 2011).

Além disso, há benefícios em conversão alimentar, menor gasto de água e uso da terra para produção de proteína e menor contribuição ao aquecimento global, quando comparada a demais fontes (VAN HUIS, 2013; CHAVES, 2020) (Figura 2).

Figura 2 – Vantagens do uso de insetos e outros animais como fonte alimentar.



Fonte: Adaptado de Van Huis, 2013; Chaves, 2020.



A segurança alimentar na prática da entomofagia pode ser influenciada por microrganismos associados aos insetos. De acordo com Vilella (2018), esses microrganismos precisam ser vistos como possíveis patógenos, sobretudo se os insetos consumirem dejetos humanos ou estrume. Eventuais perigos microbiológicos podem ser evitados com uma criação mais tecnológica, que controle as práticas de higiene, sendo recomendados processos que reduzam seu conteúdo microbiano, como a pasteurização (VILELLA, 2018).

De acordo com a *European Food Safety Authority* (EFSA) (2015), a probabilidade de danos microbiológicos de proteína de insetos acontecerem pode ser comparada à ocorrência por qualquer outra fonte proteica de origem animal, desde que os insetos sejam alimentados com substratos autorizados.

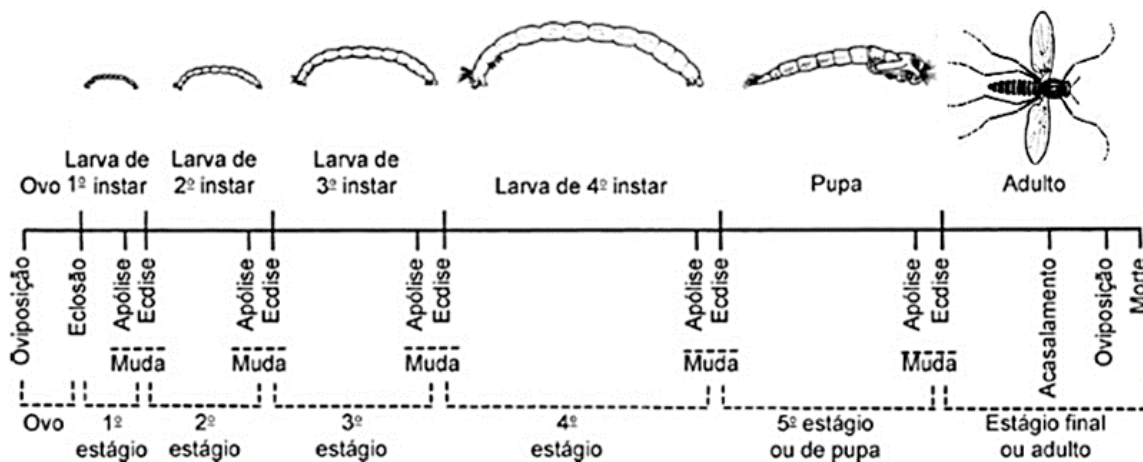
Portanto, a criação de insetos destinados à alimentação deve ter controle sobre as práticas de higiene, seguindo exigências sanitárias, sendo fundamental a inspeção do SIF e selo de autorização do MAPA, que garante a qualidade de produtos comestíveis e não comestíveis de origem animal, designados para exportação e mercado interno (MORAES; FERNANDES, 2018).

### **2.1.1 Insetos na alimentação humana**

A alimentação humana baseada em insetos (antropoentomofagia), é uma prática antiga de diversos países (LINASSI; BORGHETTI, 2011). O consumo desses artrópodes pode ser de forma direta, em diferentes estágios do seu ciclo de vida (ovos, larvas, pupas e adultos) (Figura 3) ou indireta, ingeridos em forma de seus produtos excretados e/ou elaborados, como é o caso das farinhas, do mel, dos óleos, remédios e corantes associados ou não a outros tipos de ingredientes (COSTA NETO, 2003).

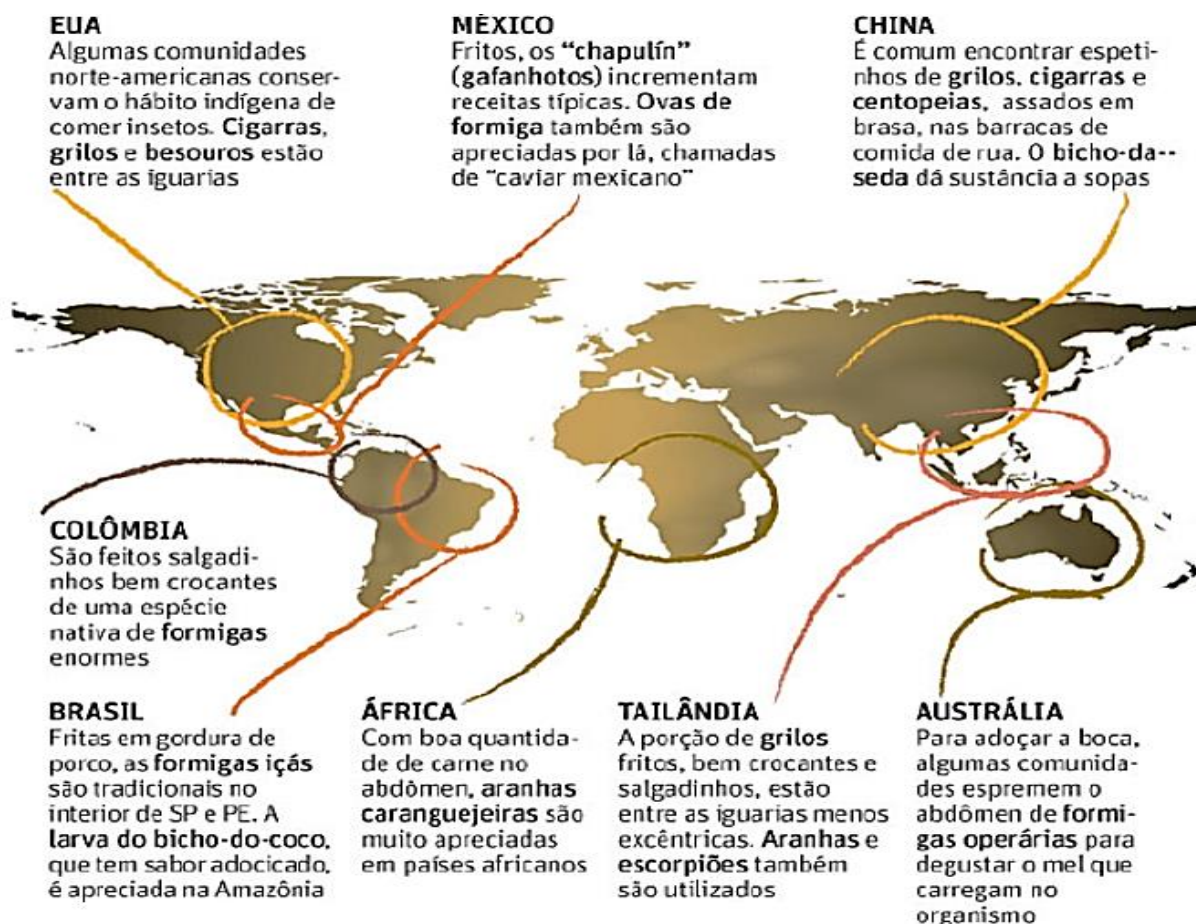
A antropoentomofagia no Brasil não é tão tradicional como em países orientais (GERRETSEN, 2021). De acordo com Campos (2020), o consumo das fêmeas fecundadas da formiga-cortadeira (*Atta* spp), também conhecida como içá ou tanajura, é o mais comum no país (Figura 4) e tornou-se presente inicialmente pelos indígenas, sendo repassado posteriormente aos sertanejos e tropeiros.

Figura 3 - Desenho esquemático do ciclo de vida de um mosquito comum (Chironomidae) mostrando os vários eventos e estágios de desenvolvimento.



Fonte: Adaptado de Gullan; Cranston, 2010.

Figura 4 – Países em que as espécies de insetos comestíveis são mais consumidas.



Fonte: Pimentel, 2019.

A União Europeia (EU) (2021) emitiu um parecer permitindo a comercialização de *Tenebrio molitor* em sua fase larval como alimento na Europa. Na sequência, aprovou a comercialização de gafanhoto-migratório (*Locusta migratoria*) como um novo alimento, podendo ser comercializado congelado, seco ou em pó (EFSA, 2021; EU, 2021).

De acordo com Pearson e McOrist (2022), diversas bactérias perigosas, como a *Salmonella* sp., podem ser retidas no tegumento e intestino das larvas de BSF durante sua produção, sendo importante se atentar para o tipo de substrato utilizado, para evitar que contenha patógenos fúngicos, virais e bacterianos.

No Brasil, as empresas que produzem insetos comestíveis podem ser afiliadas na Associação Brasileira de Criadores de Insetos (ASBRACI). Devido à falta de regulamentação, não é permitida a produção de insetos designada à comercialização como alimentação humana no país (OLIVEIRA, 2018).

Além do selo de autorização do MAPA, esse tipo de produção precisaria ser aprovado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), ligada ao Ministério da Saúde e responsável por legalizar novos ingredientes para alimentação humana, mas a única referência sobre o assunto é a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 14, do ano de 2014, responsabilizada pela avaliação dos limites toleráveis para a presença de fragmentos de insetos em alimentos, resultante de falhas no processo produtivo (TUNES, 2020).

### **2.1.2 Insetos na alimentação animal**

Diversos são os benefícios mostrados em trabalhos com o uso de larvas de BSF, de tenébrio gigante e de *Tenebrio molitor* como substituição alimentar animal, como maior ganho de peso (GP) e valores de taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e taxa de conversão alimentar (TCA) para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (DIN *et al.*, 2012; TUBIN, 2017; MUIN *et al.*, 2017; FONTES *et al.*, 2019; FRECCIA *et al.*, 2020), o aumento na taxa de sobrevivência, rendimento vivo e melhora na TCA para camarões (*Litopenaeus vannamei* e *M. rosenbergii*) (CHOI *et al.*, 2018; FENG *et al.*, 2019; CHEN *et al.*, 2021; BYRNE, 2021; HE *et al.*, 2022), mais sabor para o filé de juvenis

de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), bem como o aumento em sua resposta imunológica não específica e melhora na digestibilidade de proteínas e carboidratos, por causa da maior biodiversidade da comunidade de bactérias na mucosa intestinal dos peixes (BORGOGNO *et al.*, 2017; BRUNI *et al.*, 2018; HENRY *et al.*, 2018), entre outras vantagens para demais tipos de peixes (Anexo 1).

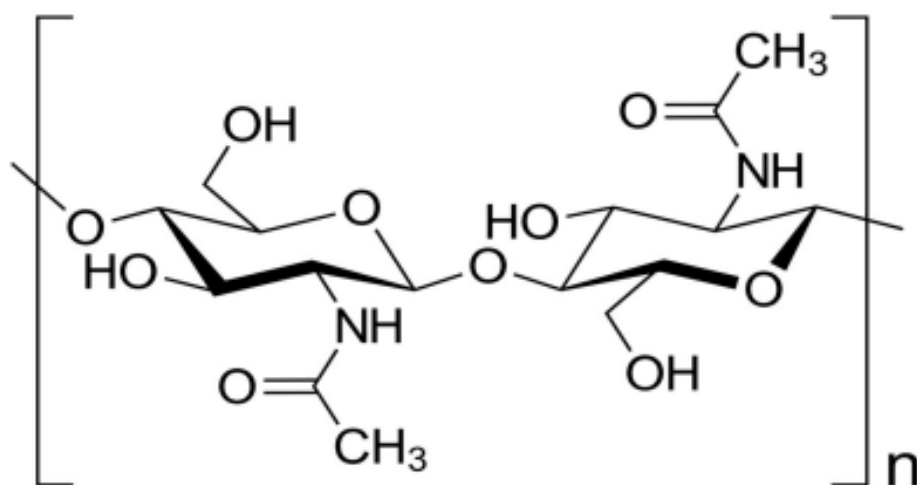
Para PETs, o uso de insetos na alimentação melhorou os índices reprodutivos do plantel de calopsitas (CARVALHO, 2017), a fonte proteica e de energia sem comprometimento no aproveitamento dos nutrientes para papagaios, cães e coelhos (GASCO *et al.*, 2019; GONÇALVES, 2019; MARCIANO, 2019; LEMOS, 2020; CARVALHO, 2021), aumentou o GP médio diário, melhorou a TCA, digestibilidade dos nutrientes e maior foi a porcentagem de proteína bruta e de extratos não nitrogenados para suínos (NEKRASOV *et al.*, 2015; YU *et al.*, 2019), melhorou TCA, aumentou produção de ovos, nível de globulina e de cálcio sérico para galinhas poedeiras (WANG *et al.*, 1996; AL-QAZZAZ *et al.*, 2016; MARONO *et al.*, 2017; BOVERA *et al.*, 2018; MWANIKI *et al.*, 2018), além de desempenho produtivo, GP, características de carcaça e qualidade geral da carne satisfatórios e, com o uso do óleo de LBSF, o aumento da capacidade antioxidante total em frangos de corte (TEGUIA *et al.*, 2002; HWANGBO *et al.*, 2009; SCHIAVONE *et al.*, 2016; KIM *et al.*, 2020).

O consumo de insetos por ruminantes, como ovinos, caprinos, bubalinos e bovinos, não é permitido devido ao fato de a ingestão proteica de origem animal ser um risco para eles, principalmente para os bovinos, que podem contrair Encefalopatia Espongiforme Bovina (EEB), mais conhecida como a doença da Vaca Louca, transmitida por príon (partícula proteica infecciosa) (OLIVEIRA, 2021), que podem contaminar os seres humanos ao consumirem carne ou derivados de um animal contaminado.

A existência de fatores antinutricionais prejudica a digestibilidade dos alimentos (JAYASENA; JO, 2013). Um fator predominante no exoesqueleto de artrópodes que dificulta a digestão e absorção de proteína é a quitina (poli- $\beta$ -1,4-N-acetilglucosamina), um polissacarídeo composto por resíduos de N-acetilglucosaminas unidos por ligações  $\beta(1\rightarrow4)$ , cuja estrutura pode ser observada na Figura 5 (LONGVAH; MANGTHYA;

RAMULU, 2011). Entre os estágios de vida e as espécies dos insetos há variação do teor de quitina, sendo de 9,4% em larvas de mariposa imperador (*Cirina forda*) e 14% em percevejos, por exemplo (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2015). Esse polissacarídeo pode servir como um imunestimulante e aumentar a resistência a doenças em mamíferos, aves e peixes (HENRY, 2018). Entretanto, o teor de quitina deve ser avaliado, visto que pode causar perda de peso, quando em excesso (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014).

Figura 5 – Estrutura química da quitina.



Fonte: ChemSpider, 2022.

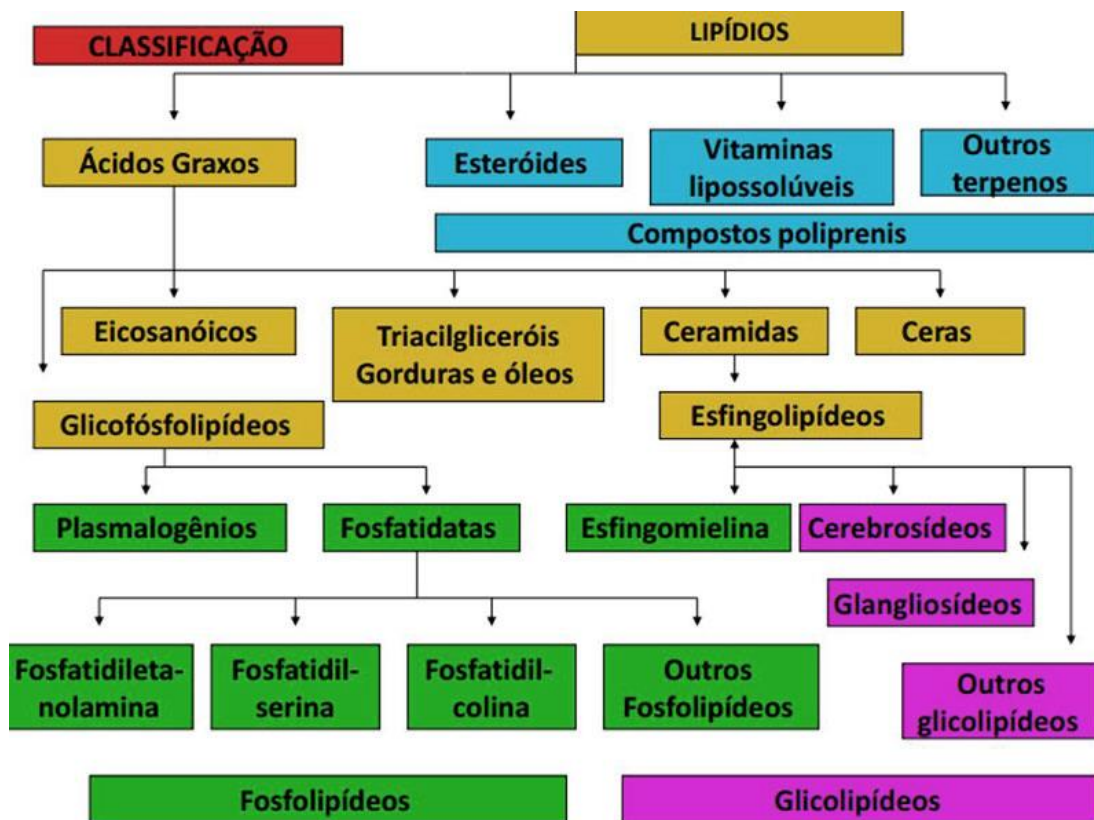
Como fonte proteica, a principal vantagem dos insetos sobre outras fontes é o baixo custo ambiental da produção, que se torna essencial para satisfazer o aumento da demanda global proteica (FAO, 2013).

## 2.2 Lipídios em insetos

Na entomofagia, o conteúdo proteico dos insetos é o mais popular, mas sua fração lipídica também é elevada, podendo ser obtida durante o isolamento das proteínas (YI *et al.*, 2013; AMARENDER *et al.*, 2020).

Os lipídios são uma classe de substâncias hidrofóbicas, onde os ácidos graxos e seus derivados, como ceras, esteróis e carotenoides, são os compostos mais comumente encontrados (RAMALHO; SUAREZ, 2013) (Figura 6).

Figura 6 – Classificação e tipos de lipídios.



Fonte: DIEGPL, 2018.

Assim como em outros organismos, nos insetos os lipídios desempenham diversas funções (ATELLA; MAJEROWICZ; GONDIM, 2012). De acordo com Arrese *et al.* (2001), essa fração lipídica pode constituir estruturas celulares, agindo como hormônios e compondo reservas energéticas essenciais para situações de alta demanda metabólica, como na produção de ovos e para o voo, por exemplo.

Durante o processo de digestão nos insetos, lipídios complexos da dieta, como fosfolipídios e triglicerídeos, são hidrolisados no lúmen intestinal e são liberados ácidos graxos livres, que posteriormente são absorvidos pelo epitélio intestinal (CANAVOSO *et al.*, 2001). Na absorção desses tipos de lipídios, a proteína transportadora de ácidos graxos (FATP) tem papel importante (ATELLA; MAJEROWICZ; GONDIM, 2012), estando ligada com a estocagem e o transporte de ácidos graxos utilizados para homeostase energética do inseto (DOEGE; STAHL, 2006).

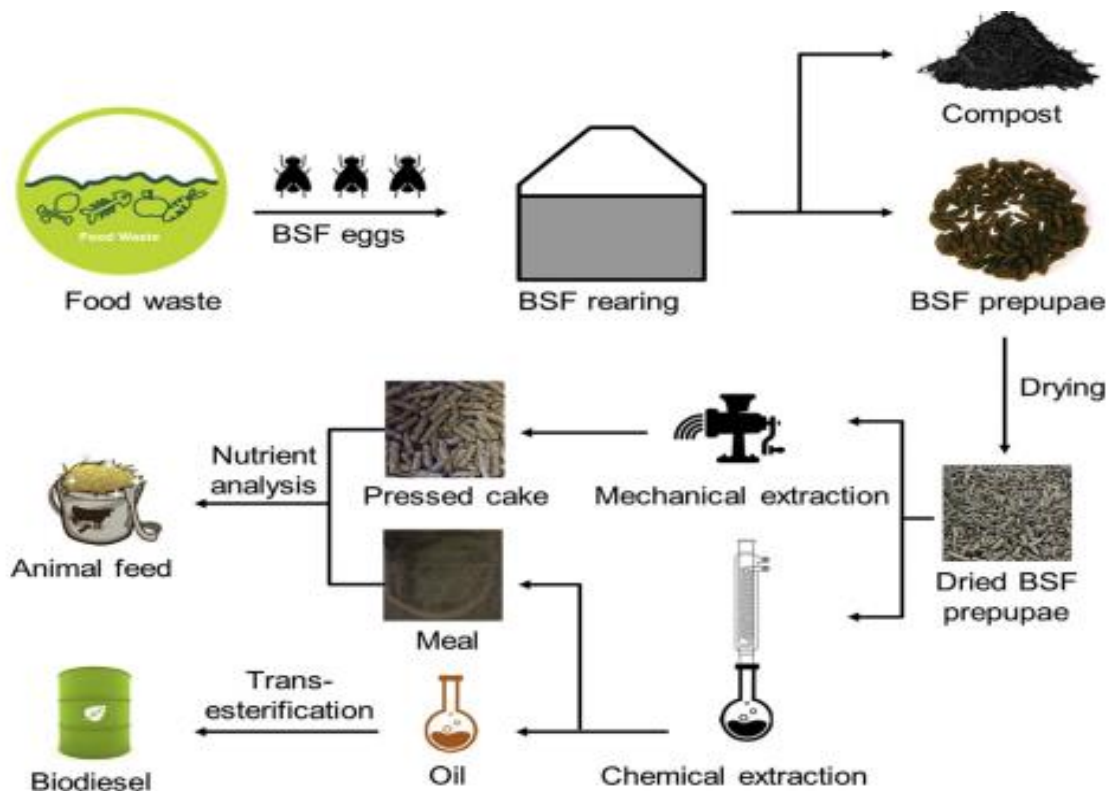
### **2.2.1 Quantidade de lipídios e fase do ciclo de vida dos insetos**

Fatores como o diferente estágio de desenvolvimento dos insetos influenciam na quantidade e diversidade de ácidos graxos presentes (LUCAS, 2021). Em um estudo de Lucas, Oliveira e Prentice (2019), foi afirmado que o conteúdo lipídico da ninfa da barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*) foi próximo ao dobro do obtido no inseto adulto (41,7 % e 22,5%, respectivamente). Pinto (2022), constatou que o *Tenebrio molitor* possui maior quantidade proteica na fase adulta e maior teor de lipídios nas fases de larva e pupa.

Segundo Lucas *et al.* (2020) e Castro (2021), a fração lipídica dos insetos comestíveis compreende cerca de 10 a 50% (em base seca), sendo maior nas fases larval e de pupa. De acordo com os mesmos autores, cerca de 80% dessa fração é constituída por triglicerídeos e menos de 20% por fosfolipídios, além de apresentar alto conteúdo de ácidos graxos; incluindo os ácidos linolênico, linoleico, oleico e palmítico, dependendo do tipo de alimentação dos insetos.

Essa fração lipídica extraída pode ser destinada como coproduto para outros fins; em uso secundário ou alternativo à ração, como apresentado em estudos de viabilidade na produção de biocombustíveis (LI *et al.*, 2011) (Figura 7).

Figura 7 - Apresentação esquemática da bioconversão de resíduos alimentares em biocombustível e ração animal.



Fonte: Surendra *et al.*, 2016.

## 2.2.2 Composição dos ácidos graxos para diferentes insetos

Além de elevada concentração proteica (50-70% em base seca) (TZOMPA-SOSA; FOGLIANO, 2017), as várias espécies de insetos possuem um interessante perfil de ácidos graxos, contendo, por exemplo, ácido oleico, linoleico e palmítico, os quais têm sido relacionados a propriedades benéficas ao homem (LIMA *et al.*, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2017). O perfil de ácidos graxos dos lipídios de larvas de *Tenebrio molitor* e da mosca BSF e pode ser visualizado na Tabela 1 e no Anexo 2, respectivamente.



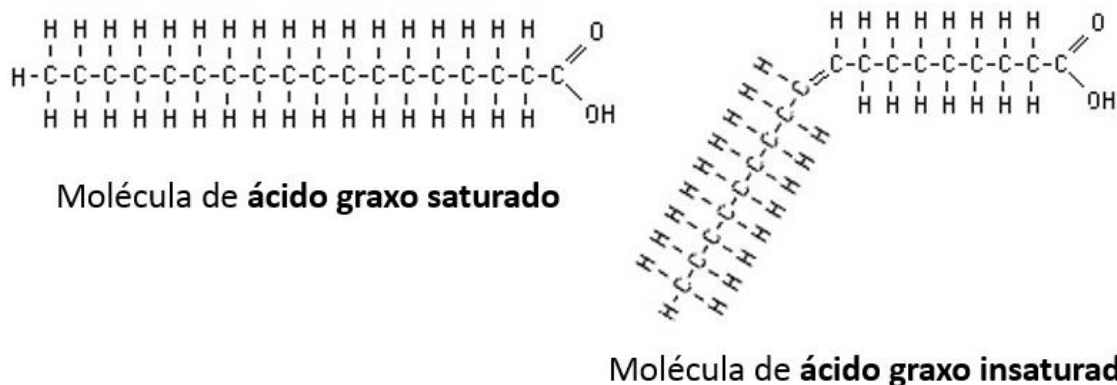
Tabela 1 – Análise de ácidos graxos presentes em larvas frescas de *Tenebrio molitor*.

Ácidos graxos	Unidade	Média	DP	Min	Max
Ácido láurico C12: 0	% ácidos graxos	0,5	0,5	0,0	1,0
Ácido mirístico C14: 0	% ácidos graxos	4,0	2,1	2,3	6,4
Ácido palmítico C16: 0	% ácidos graxos	21,1	6,7	16,1	28,7
Ácido palmitoléico C16: 1	% ácidos graxos	4,0	1,8	2,8	6,1
Ácido esteárico C18: 0	% ácidos graxos	2,7	0,4	2,3	3,1
Ácido oleico C18: 1	% ácidos graxos	37,7	8,7	27,7	43,3
Ácido linoléico C18: 2	% ácidos graxos	27,4	4,0	23,1	31,0
Ácido linolênico C18: 3	% ácidos graxos	1,3		1,1	1,4

Fonte: Adaptado de Feedipedia, 2020.

Os ácidos graxos saturados são aqueles que possuem apenas uma ligação entre carbonos, sendo normalmente sólidos à temperatura ambiente (25°C) e muito presentes nas gorduras de origem animal, e os ácidos graxos insaturados possuem uma ou mais duplas ligações (Figura 8), sendo classificados como mono ou poli-insaturados, respectivamente, e geralmente líquidos à temperatura ambiente (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2020).

Figura 8 – Molécula de ácido graxo saturado e de ácido graxo insaturado.



Fonte: Silva; Ferreira, 2017.

Em estudos com a libélula *Aeshna cyanea*, Kirfel e Komnick (1999) evidenciaram que as células intestinais desse inseto absorvem ácido oleico (18:1), seguido pelo ácido palmítico (16:0) e ácido esteárico (18:0), preferencialmente. Após essa absorção, os ácidos graxos são usados na síntese de lipídios mais complexos, passando pelo processo de esterificação e formando triglicerídeos, diglicerídeos e fosfolipídios, especialmente (ARRESE *et al.*, 2001). Em seguida, os lipídios são secretados para a hemolinfa para que sejam enviados para todo o organismo (ATELLA; MAJEROWICZ; GONDIM, 2012). Estudos com insetos de hábitos alimentares diferentes, como barbeiros (*Panstrongylus megistus* e *Rhodnius prolixus*) e larvas da mariposa *Manduca sexta*, apresentaram resultados muito parecidos nesse processo digestivo, bem como de absorção, metabolização e transporte de triglicerídeos da dieta (CANAVOSO; FREDE; RUBIOLO, 2004; CANAVOSO; WELLS, 2000; GRILLO; MAJEROWICZ; GONDIM, 2007).

### **2.3 Forma de extração lipídica**

A extração lipídica é um processo de transferência de compostos solúveis de um material inerte que faz contato com um solvente (REGITANO-D'ARCE, 1991). Lipídios como colesterol e triglicerídeos são facilmente extraídos por grande parte dos solventes; incluindo os hidrocarbonetos, como n-hexano e éter de petróleo (GURR, 1992).

Manirakiza, Covaci e Schepens (2001) afirmam que a extração de lipídios é importante na nutrição para ter conhecimento da composição centesimal alimentar e para o monitoramento de contaminantes orgânicos, como pesticidas organoclorados e dioxinas, que podem ser quantificados na fração lipídica.

De acordo com Shahidi e Wanasundara (1998), para a extração dos lipídios é preciso se atentar em alguns pontos, como no preparo da amostra (redução do tamanho, secagem ou hidrólise ácida), na homogeneização do tecido em contato com o solvente, na separação das fases, na remoção do solvente e na secagem do extrato, por exemplo.

O método mais simples de extração lipídica é através de uma prensa mecânica, que não precisa de mão-de-obra qualificada para sua manipulação e nem necessita de

solventes para extração, sendo os lipídios retirados apenas pela aplicação de pressão. No entanto, não é o método mais eficiente, visto que sua capacidade extrativa pode variar de acordo com o tipo de amostra e as especificações da prensa (RODRIGUES, 2018). Frações lipídicas podem ficar retidas em proporções desiguais na torta residual (VADKE; SOSULKI, 1988; SINGH; BARGALE, 2000).

O teor lipídico também pode ser avaliado por métodos gravimétricos baseados no peso do material seco que é submetido à extração através de solventes orgânicos a quente, como Soxhlet e Goldfish ou por extração de solventes a frio, seguindo a metodologia de Bligh-Dyer (1959), por exemplo, em que o óleo é retirado por uma combinação de solventes.

Segundo Shahidi e Wanasundara (1998), devido ao fato de os lipídios serem hidrofóbicos, é possível sua separação dos carboidratos, da água presente nos tecidos e das proteínas. Lipídios polares (ligados por pontes de hidrogênio e forças eletrostáticas), requerem solventes polares capazes de quebrar esse tipo de ligações e liberá-los, já lipídios neutros (ligados covalentemente), conseguem ser extraídos por solventes apolares (BRUM, 2004).

Segundo Kates (1972), a metodologia de Soxhlet deve ser evitada, visto que propicia reações de hidrólise e de peroxidação, pois a amostra é submetida à extração com refluxo de solvente por muito tempo. Em casos em que há interesse de uso posterior da fração lipídica, recomenda-se a metodologia de Bligh-Dyer de extração (BRUM, 2004).

### **2.3.1 Extração de lipídios de insetos**

Estudos como os de Borremans *et al.* (2020) e Kim *et al.* (2021) evidenciaram que o pó de inseto deslipidificado pode apresentar propriedades mais interessantes em relação aos sem remoção de lipídios.

Geralmente rações padronizadas para animais requerem baixo teor de lipídio, sendo que um alto teor torna o produto mais suscetível à oxidação lipídica, podendo resultar em textura e sabor desagradáveis (DORTMANS *et al.*, 2021). Uma maneira

eficiente e simples para desengordurar insetos, como larvas de BSF, é fazer uma extração mecânica com uma prensa de rosca (helicoidal ou parafuso), normalmente utilizada em extrações de óleo de sementes e nozes. Utilizando uma prensa helicoidal há dois caminhos de processamento para fracionar larvas de BSF: seco ou úmido, sendo que o rendimento geral da farinha de larvas de BSF frescas é 17% maior para processamento seco, em comparação com o processamento úmido e o uso da prensa de parafuso é feito da mesma forma para esses processamentos, mas o tempo de processamento para larvas frescas é maior, pois, não só a gordura, mas também a água, devem ser liberadas (DORTMANS *et al.*, 2021).

Segundo Limoeiro, Freitas e Almeida (2021), o uso de solventes orgânicos, como éter de petróleo e hexano, para extração de lipídios de insetos é o mais comum, mas podem deixar resíduos nos alimentos, sendo estudados outros solventes alternativos para esse tipo de extração, como é o caso do etanol, que apresenta baixa toxicidade e boa eficiência de extração, variando conforme os parâmetros de processo aplicados.

Entretanto, a eficiência do uso do solvente está ligada ao tempo de extração, como mostra o estudo de Mintah *et al.* (2020), extraíndo os lipídios de BSF com etanol durante 1 hora (após secagem do pó em forno de micro-ondas por 3 minutos) e obtendo redução de 34,3% para 1,1% do teor de lipídios, em base seca. Diferentemente do observado por Amarender *et al.* (2020), que utilizaram etanol para extrair o óleo do pó de grilo (Gryllidae), reduzindo o teor de lipídios, em base seca, de 21,6% para 9,7%, em 15 minutos de extração e Lee *et al.* (2020), usando o mesmo solvente para o pó de larvas de besouro (*Protaetia brevitarsis*), com tempo de extração de 1 minuto, que obtiveram redução lipídica com menor eficiência: de 27,2% para 25,3%, em base seca.

Há estudos com múltiplos solventes, como o de Laroche *et al.* (2019), sobre a extração de lipídios de larvas de *Tenebrio molitor* e grilo-doméstico (*Acheta domesticus*) em equipamento do tipo Soxhlet, com quatro solventes (etanol, éter de petróleo, hexano e acetato de etila); onde o uso de etanol conseguiu extrair 28,8% de lipídios de *T. molitor* e 22,7% em *A. domesticus*, sendo o solvente mais eficiente, em comparação com a

extração com dióxido de carbono supercrítico (SC-CO<sub>2</sub>), que foi a menos eficiente para ambos os insetos.

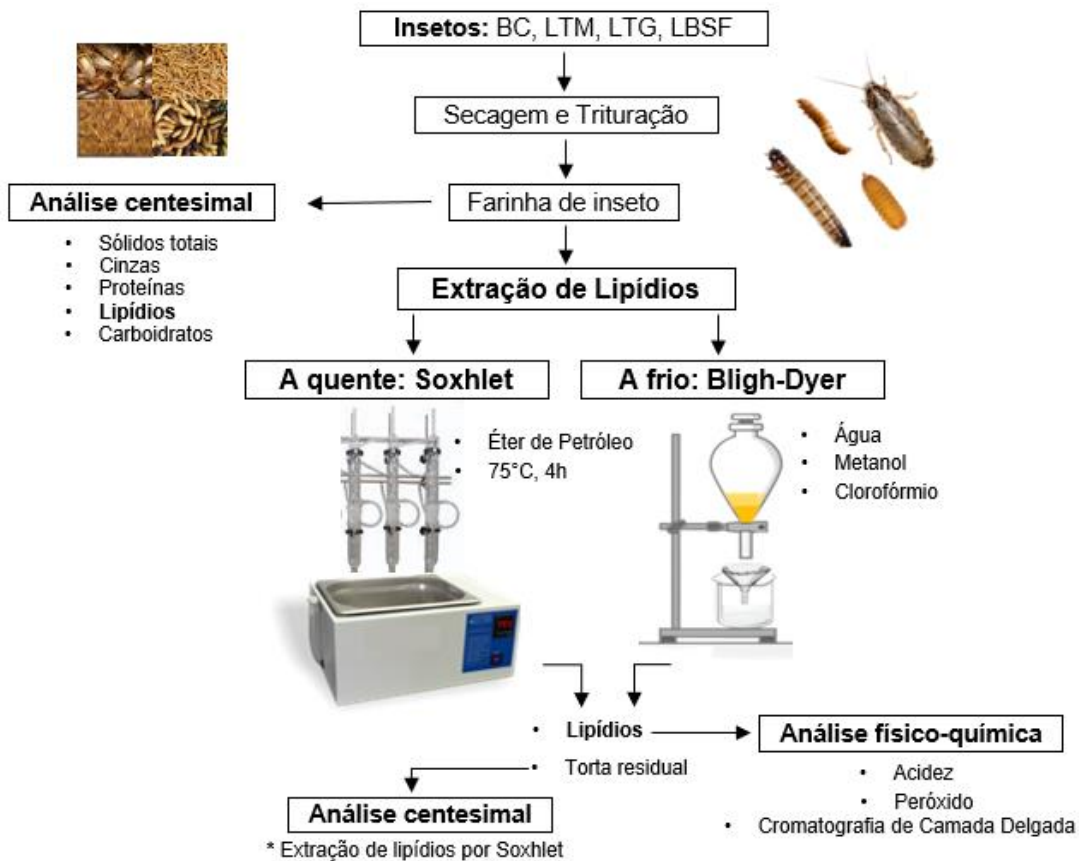
Para a produção de grandes quantidades de óleo para alimentação de qualidade, uma extração de óleo eficiente e suave é essencial, pois também facilita um posterior isolamento proteico sem afetar seu estado nativo (PURSCHKE *et al.*, 2016). O uso de SC-CO<sub>2</sub> para esse tipo de extração pode ser considerado como uma alternativa à extração convencional com solvente orgânico (REVERCHON; DE MARCO, 2006), onde vantagens como a redução da oxidação de solutos, extração de componentes termicamente sensíveis devido à baixa temperatura crítica e resíduos isentos de solventes, são relatados (STAHL; SCHUETZ; MANGOLD, 1980; MARIOD, 2010).

Sobre a extração de lipídios de inseto com SC-CO<sub>2</sub> e usando o método de superfície de resposta, foi relatada a otimização do rendimento de óleo para o bicho-da-seda (*Bombyx mori*) com rendimentos de 75 a 97% (WEI *et al.*, 2009; PAN *et al.*, 2012). De acordo com Purschke *et al.* (2016), uma extração com SC-CO<sub>2</sub> pode ser eficiente para desengorduramento de larvas de *Tenebrio molitor*.

### 3 METODOLOGIA

A Figura 9 representa o fluxograma de atividades realizadas no trabalho, as quais serão descritas a seguir.

Figura 9 – Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.



Fonte: Autoria própria.

#### 3.1 Insetos

Larvas de tenébrio gigante (*Zophobas morio*), de *Tenebrio molitor*, da mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) e barata cinérea adulta (*Nauphoeta cinerea*), alimentadas com mistura de farelo de trigo e fubá (3:1, m:m) e umedecida com água, foram gentilmente doadas pela Biofábrica Agrin - Criação e Comércio de Insetos (23°05'13.0"S 48°54'56.9"W), do município de Avaré – SP. Todas as larvas estavam em estágio de abate, ou seja, no último instar de desenvolvimento larval.

### 3.2 Preparo dos insetos

Os insetos foram abatidos, após jejum para esvaziamento gástrico, por pasteurização seguida de drenagem e congelamento. Para o processo de desidratação, foram acondicionados em bandejas de alumínio, posteriormente dispostas em uma estufa de circulação forçada a 60°C e a desidratação foi acompanhada através da pesagem periódica de amostras dos insetos até que atingissem massa constante. Após desidratados, os insetos foram triturados em moinho de pás até que todo material passasse pela peneira de abertura média de 1,20 mm a fim de se obter uma farinha, a qual foi armazenada em embalagens de PEBD a -18°C até o momento das análises. A Figura 10 apresenta os insetos (fase adulta ou larval) utilizados no trabalho.

Figura 10 – Insetos desidratados utilizados no projeto: (a) BC, (b) LTM, (c) LTG e (d) LBSF.



Fonte: Autoria própria.

A tabela 2 apresenta o tamanho médio dos insetos utilizados nos experimentos.

Tabela 2 – Tamanho dos insetos utilizados no projeto, com média e desvio-padrão (DP).

Tamanho dos insetos				
Insetos	Altura (mm)		Largura (mm)	
	Média	DP	Média	DP
BC	25,00	2,84	11,35	1,25
LTM	19,35	2,43	2,85	0,34
LTG	37,75	5,58	5,30	0,71
LBSF	16,12	1,90	4,30	0,39

### 3.3 Extração dos lipídios

Para extração lipídica foram utilizadas duas metodologias; uma com solvente a frio e outra a quente, ambas em triplicata.

#### 3.3.1 Extração a frio (Bligh-Dyer)

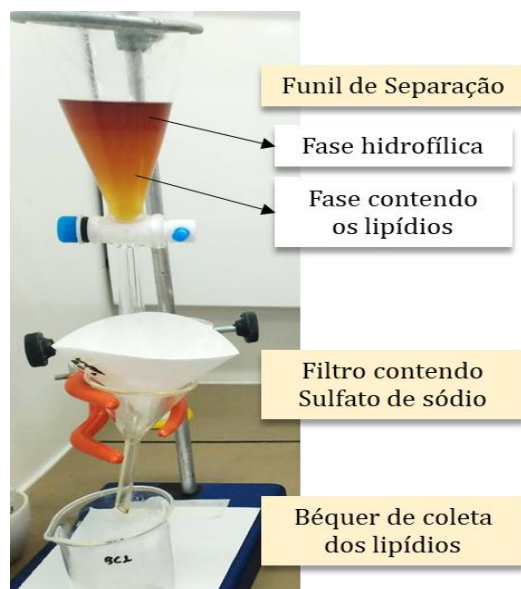
Para a extração com solvente a frio foi utilizada a metodologia de Bligh-Dyer, com adaptações sugeridas por Brum, Arruda e Regitano-D'Arce (2009). Utilizando béquer, 5 g de cada farinha de inseto foram homogeneizados em 20 mL de metanol, 10 mL de clorofórmio e 5 mL de água destilada e mantidos em contato por 10 minutos. Após esse tempo, houve uma filtragem em papel-filtro qualitativo e adição de mais 10 mL de clorofórmio sobre a amostra sólida a fim de carregar o máximo de lipídios. Em seguida, o filtrado foi transferido para um funil de separação e foram acrescentados mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL de solução de sulfato de sódio a 1,5% (m/v). O funil foi tampado e agitado manualmente por 2 minutos. Aguardou-se a separação das fases no funil. A fração lipídica (fase inferior) foi recolhida, passando por um filtro contendo aproximadamente 1 g de sulfato de sódio anidro e foram coletados analiticamente 5 mL da fração lipídica para um béquer previamente desengordurado, seco e pesado. A fase coletada foi deixada na capela de exaustão para evaporação do solvente ainda existente e depois foi seca em estufa a 45°C. A massa final, referente aos lipídios extraídos da amostra, foi quantificada após resfriamento em dessecador e o cálculo do teor de lipídios foi feito de acordo com a Equação 1.

$$\% \text{ Lipídios}_{a \text{ frio}} = \frac{(\text{Massa béquer final} - \text{Massa béquer inicial}) * 100}{\text{Massa amostra}} \quad (1)$$

A Figura 11 ilustra a extração a frio dos lipídios da farinha de barata cinérea adulta (*Nauphoeta cinerea*).



Figura 11 – Ilustração da extração com solvente a frio dos lipídios da farinha de barata cinérea adulta (*Nauphoeta cinerea*).



Fonte: Autoria própria.

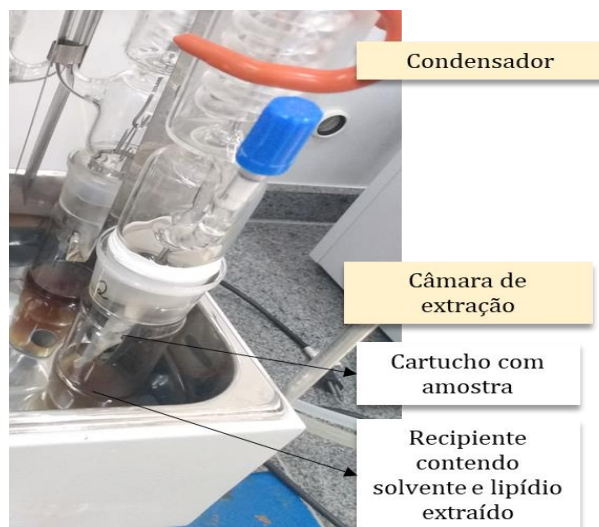
### 3.3.2 Extração a quente (Soxhlet)

Para a extração com solvente a quente foi usada a metodologia de Soxhlet com adaptações sugeridas por Brum, Arruda e Regitano-D'Arce (2009), de forma que 5 g de amostra foram pesados e acondicionadas em saquinhos de papel-filtro qualitativos duplos, inseridos no tubo extrator do equipamento e éter de petróleo foi utilizado como solvente extrator, sendo aquecido a 75°C, evaporado e condensado sobre as amostras por 4 horas. O cartucho da amostra não ficou imerso na solução extratora. Após este período o solvente foi coletado e o material remanescente no frasco foi deixado na capela de exaustão para evaporação do solvente ainda existente e depois foi seco em estufa a 45°C. A massa final, referente aos lipídios extraídos da amostra, foi pesada após resfriamento dos frascos em dessecador e foi feito o cálculo do teor de lipídios através da Equação 2. Os frascos utilizados na análise foram previamente desengordurados, secos e pesados.

$$\% \text{ Lipídios}_{a \text{ quente}} = \frac{(\text{Massa frasco final} - \text{Massa frasco inicial}) * 100}{\text{Massa amostra}} \quad (2)$$

A Figura 12 ilustra a extração a quente dos lipídios da farinha de barata cinérea adulta (*Nauphoeta cinerea*).

Figura 12 – Ilustração da extração com solvente a quente dos lipídios da farinha de barata cinérea adulta (*Nauphoeta cinerea*).



Fonte: Autoria própria.

### 3.4 Análise físico-química da fração lipídica extraída

As análises físico-químicas da fração lipídica extraída também foram realizadas em triplicata, sendo avaliado o índice de acidez; que indica o grau de hidrólise dos triglicerídeos presentes na fração lipídica, o índice de peróxido das amostras; indicando o grau de oxidação da fração lipídica, e a cromatografia de camada delgada, para separação rápida e análise qualitativa dos lipídios extraídos das farinhas dos insetos utilizados, em cada metodologia.

#### 3.4.1 Índice de acidez

O índice de acidez foi determinado segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), que utiliza como solução titulante o hidróxido de sódio (NaOH 0,05M) e fenolftaleína 1% como indicador, sendo o resultado expresso em teor de ácido oleico por 100 g de amostra. Para tanto, foi pesado 0,5 g de amostra de lipídios extraídos das

farinhas dos quatro insetos e estes foram diluídos em 10 mL de solução de éter-álcool etílico neutro na proporção de 1:2 (v/v) e titulados com uma solução de NaOH 0,05M até aparecimento da coloração rósea por 30 segundos. Foi feita uma amostra em branco nas mesmas condições. O cálculo do índice de acidez foi representado conforme a Equação 3.

$$\% \text{ Ácido oleico} = \frac{V(\text{NaOH}) * 0,9024 * 0,05 * 28,2}{\text{Massa amostra}} \quad (3)$$

### 3.4.2 Índice de peróxido

O Índice de Peróxido (ÍP) foi determinado pela capacidade da amostra em oxidar iodeto de potássio segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Para tanto, foi pesada em Erlenmeyer de 125 mL uma amostra de 0,5 g de lipídios extraídos da farinha de cada inseto e foram adicionados 10 mL de solução ácido acético-clorofórmio 3:2 (v/v), sendo a mistura agitada até a dissolução completa. Adicionou-se 0,1 mL de solução saturada de KI e a mistura foi deixada em repouso ao abrigo da luz por 10 minutos sob agitação. Então, foram adicionados 10 mL de água e realizada a titulação com solução de tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 0,05M), com constante agitação, até que a coloração amarela tivesse quase desaparecido. Foi adicionada solução de amido indicadora e feita a titulação até completo desaparecimento da coloração azul. Foi feita uma amostra em branco nas mesmas condições. A Equação 4 apresenta o cálculo do índice de peróxido.

$$\text{ÍP}_{(\text{meq por kg de amostra})} = \frac{(V_{\text{tiosulfato}} - V_{\text{tiosulfato do branco}}) * 0,05 * 1,1002 * 1000}{\text{Massa amostra}} \quad (4)$$

### 3.4.3 Cromatografia de camada delgada

Alíquotas de 100 µL das frações lipídicas obtidas pelos dois métodos de extração foram diluídas em éter de petróleo (1:1, v/v) e aplicadas em placa cromatográfica de sílica gel com fase móvel composta por éter de petróleo, éter etílico e ácido acético 80:20:2 (v/v/v) e, após seca, foi feita a revelação com vapor de iodo, conforme proposto por Brum, Arruda e Regitano-D'Arce (2009).

### 3.5 Análise centesimal das tortas

A composição centesimal das tortas resultantes da deslipidificação foi avaliada de acordo com os métodos de análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), sempre em triplicata.

#### 3.5.1 Determinação de sólidos totais

Amostras de 5 g foram pesadas em cápsulas de porcelana previamente taradas a 105°C. A determinação foi efetuada pelo método de secagem em estufa a 105°C por 24 horas. Houve perda de massa, onde água e substâncias voláteis foram removidas por evaporação. Assim, os sólidos totais foram quantificados pela Equação 5.

$$\% \text{ Sólidos}_{\text{totais}} = 100 - \frac{(\text{Massa cápsula} + \text{amostra} - \text{Massa cápsula}) * 100}{\text{Massa amostra}} \quad (5)$$

#### 3.5.2 Determinação de cinzas

Amostras de 1 g resultante da análise de sólidos totais foram transferidas para cadinhos, previamente tarados a 550°C, onde houve carbonização em bico de Bunsen e incineração das amostras à 550°C por 3 horas, em forno mufla. As amostras que após o processo ainda estavam escuras, receberam cerca de 3 gotas de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 35% (v/v) e foram novamente submetidas à incineração. Assim, o teor de cinzas foi quantificado seguindo a Equação 6, indicando a quantidade de material mineral presente na amostra.

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{(Massa_{final} - Massa_{cadinho}) * 100}{Massa_{amostra}} \quad (6)$$

### 3.5.3 Determinação do teor de nitrogênio total e estimativa do teor de proteínas

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl. O catalisador utilizado foi composto de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>) e sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). A digestão foi realizada a 400°C (utilizando uma rampa de aumento gradativo de temperatura) por 2 horas. A destilação foi realizada em aparelho micro-Kjeldahl utilizando NaOH 40% (m/v) e a amônia formada foi capturada com ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 4%) contendo indicador de pH misto. O material foi titulado com ácido clorídrico (HCl 0,1 M) até o ponto de viragem. A quantidade de nitrogênio total foi calculada e a quantidade de proteína foi estimada utilizando o fator de conversão de 6,25, visto que na maioria dos artigos envolvendo determinação do teor de proteínas em insetos é utilizado esse fator. No entanto, é importante ressaltar que esse fator depende da presença de nitrogênio não proteico e da proporção de nitrogênio em suas proteínas e considerar que na literatura há indicação do uso de 4,38 para matrizes com elevada quantidade de compostos nitrogenados não proteicos como fungos e de 4,76 para larvas de *Tenebrio molitor* (FURLANI; GODOY, 2007; JANSSEN *et al.*, 2017). Foi feita uma amostra em branco nas mesmas condições. A porcentagem de proteína (m/m) na amostra foi dada pela Equação 7.

$$\% \text{ Nitrogênio} = \frac{(V_{amostra} - V_{branco}) * 0,14 * f_{HCl}}{Massa_{amostra}} \quad (7)$$

### 3.5.4 Determinação de lipídios

O teor de lipídios residuais nas tortas foi determinado pelo método de Soxhlet, conforme descrito no item 3.3.2.

### 3.5.5 Carboidratos totais

O teor de carboidratos totais foi determinado por diferença dos demais componentes analisados, seguindo a Equação 8:

$$\% \text{Carboidratos}_{\text{totais}} = 100\% - \% \text{proteínas} - \% \text{lipídios} - \% \text{cinzas} \quad (8)$$

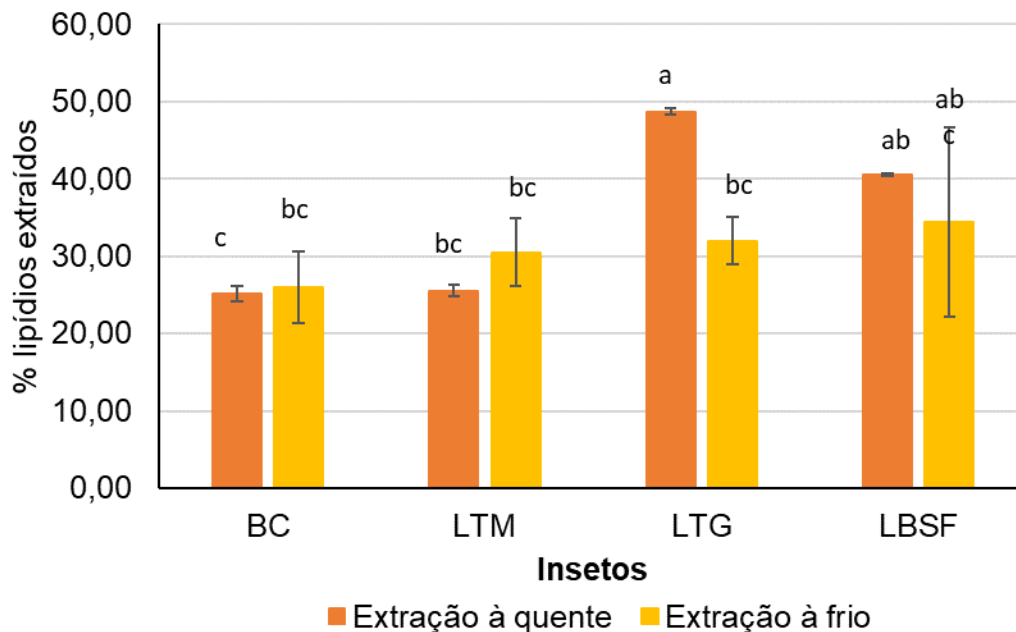
### 3.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram apresentados pela média e respectivo desvio-padrão e foram analisados através da comparação de médias aplicando ANOVA de um fator e teste de Tukey com 95% de confiança, utilizando o software R versão 4.1.0 (<https://www.r-project.org/>).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Gráfico 1 apresenta os resultados médios e desvio-padrão das extrações a frio e a quente para as farinhas de inseto ou de larvas de inseto utilizadas no estudo.

Gráfico 1 – Porcentagem de lipídios (em base seca) extraídos a quente (Soxhlet) e a frio (Bligh-Dyer) para farinha de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).



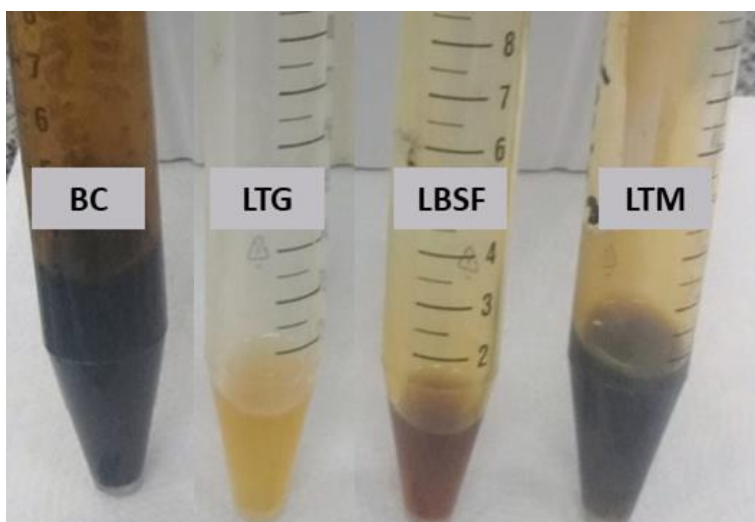
Os maiores teores de lipídios encontrados foram para a LTG e para as LBSF na extração a quente, sendo o valor médio de lipídios de  $44,57 \pm 4,10\%$  em base seca.

Os menores teores de lipídios obtidos foram para BC ( $25,14 \pm 1,15\%$ ), não havendo diferenças significativas entre os dois tipos de extração utilizados, bem como não houve diferença com a quantificação dos lipídios para LTM.

É possível observar que os desvios-padrão das extrações a frio foram superiores aos obtidos nas extrações a quente. Esse ponto do processo pode ser aprimorado na etapa inicial da extração, em que o material sólido dos insetos é deixado em contato com a solução extratora (metanol, clorofórmio e água).

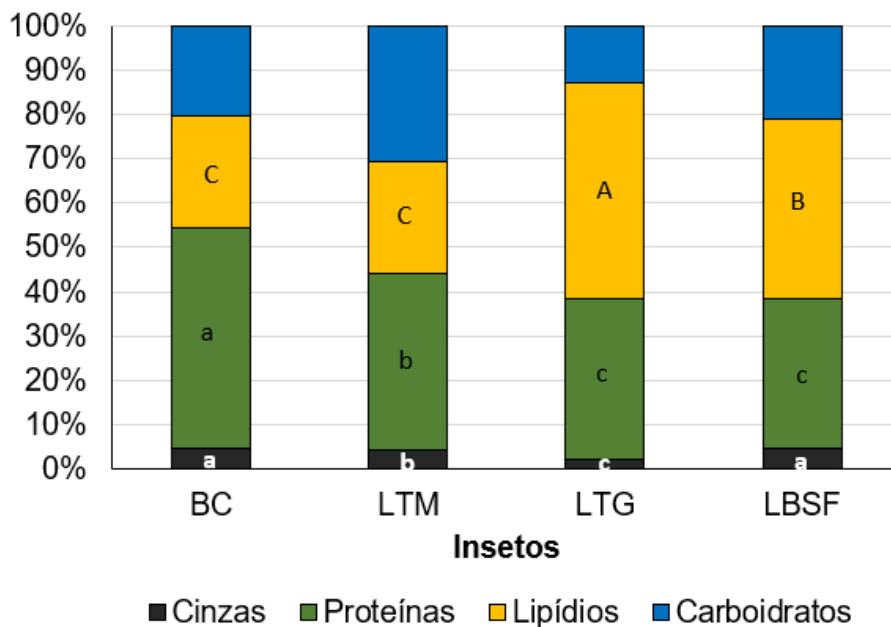
A Figura 13 ilustra a aparência dos lipídios obtidos na extração a quente.

Figura 13 – Ilustração dos lipídios obtidos pela extração a quente da farinha de BC, de LTG, de LBSF e de LTM.



O Gráfico 2 apresenta o teor médio (em base seca) de cinzas, proteínas, lipídios (extraído a quente) e carboidratos totais (calculado por diferença) para cada inseto ou larva de inseto do estudo. Há também a representação da comparação estatística entre os teores de lipídios e proteínas de cada amostra, sendo que a análise foi realizada para cada componente.

Gráfico 2 – Porcentagem (em base seca) de cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos totais (por diferença) nas amostras de farinha de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

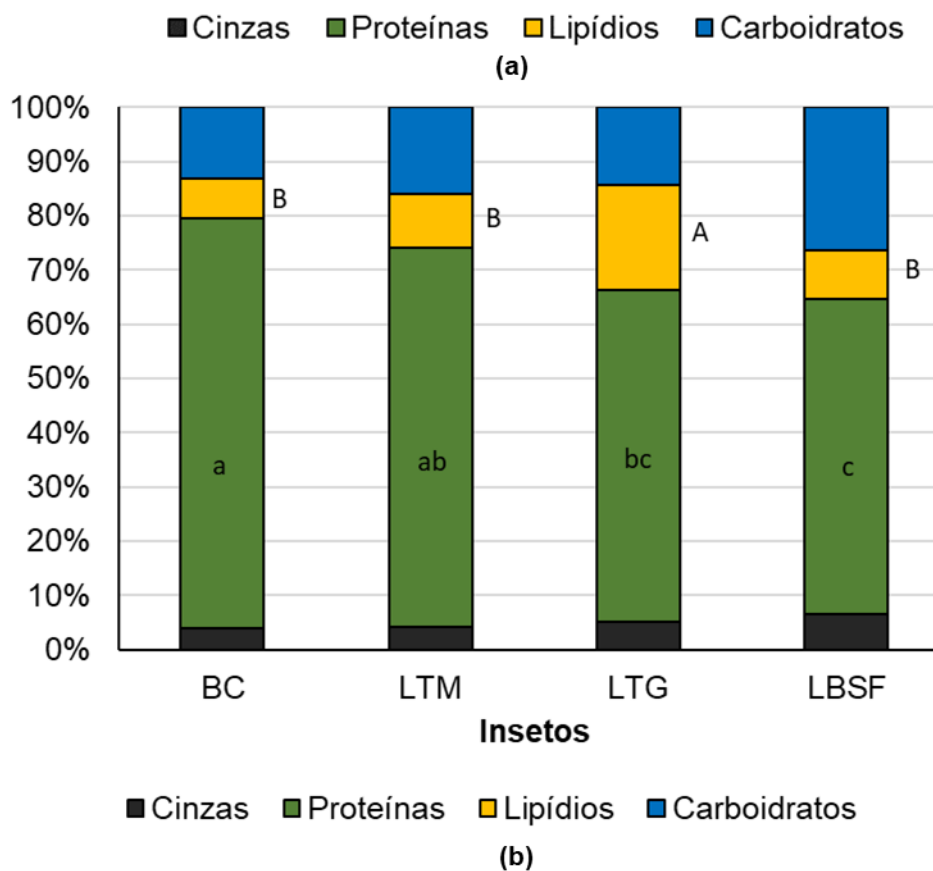
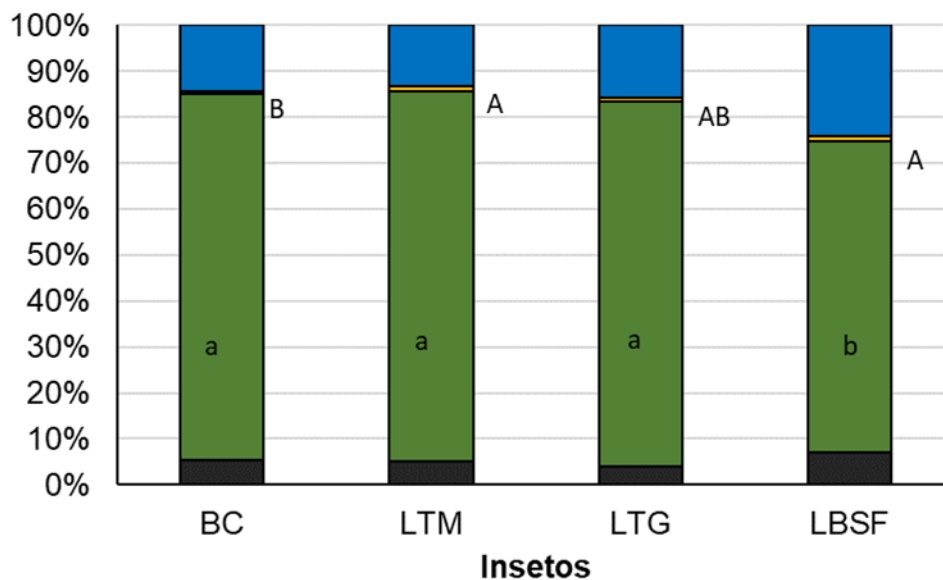


Observa-se que, considerando a extração a quente, as LTG apresentaram o maior teor de lipídios ( $48,66 \pm 0,42\%$ ) e os menores valores de cinzas ( $2,23 \pm 0,04\%$ ) e carboidratos totais ( $12,83\%$ ). Em termos de proteínas, apresentaram os mesmos valores que LBSF ( $36,29 \pm 0,84\%$ ). BC foi destaque em relação ao teor de proteínas ( $49,86 \pm 0,52\%$ ). É importante pontuar que a composição centesimal dos insetos sofre grande influência pelo estágio de desenvolvimento em que se encontram e pelo tipo de substrato oferecido durante a criação (VAN HUIS, 2013).

O Gráfico 3 apresenta a análise da composição centesimal média das tortas obtidas da extração de lipídios a quente (Soxhlet) e a frio (Bligh-Dyer).



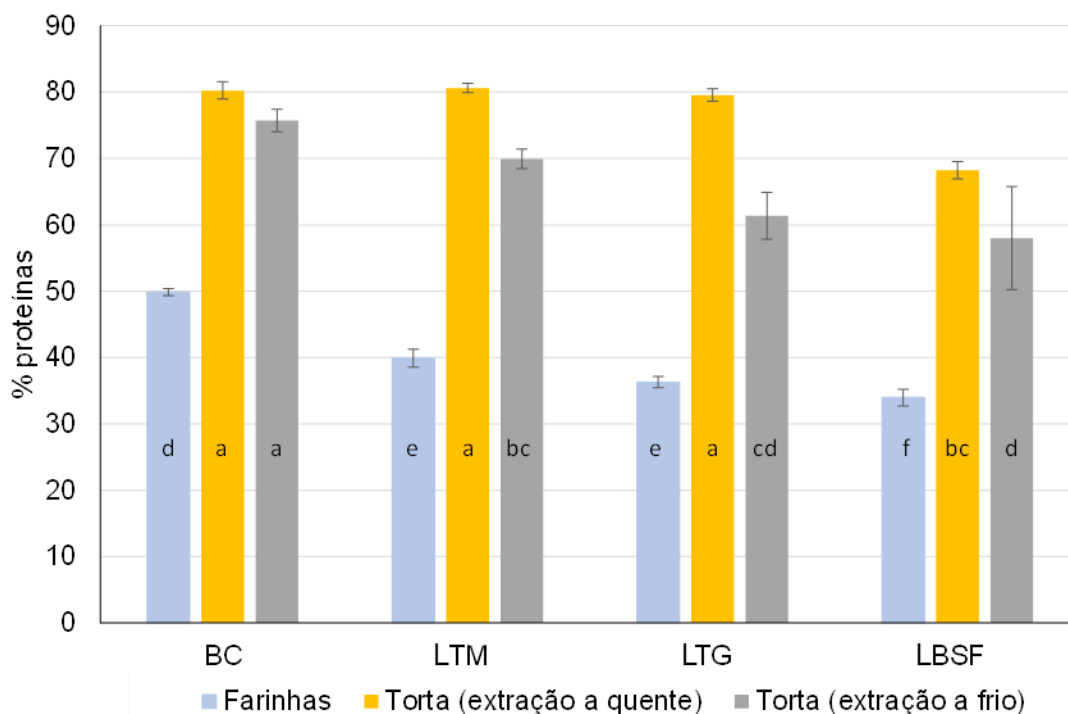
Gráfico 3 – Porcentagem (em base seca) de cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos totais (por diferença) nas tortas do desengorduramento a quente (a) e a frio (b), de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).



Observa-se que a quantidade remanescente de gordura nas tortas obtidas da extração a quente de lipídios foi reduzida, sendo que as tortas de LTG, de LTM e de LBSF apresentaram os maiores teores, estando o valor médio em  $1,09 \pm 0,22\%$ . O valor obtido na extração a quente da farinha de LTG foi 53 vezes superior a este valor residual. É possível observar que a quantidade remanescente de gordura nas tortas obtidas da extração a frio de lipídios foi superior às obtidas pela extração lipídica a quente.

Os teores de proteína média para as tortas foram superiores aos obtidos para a farinha dos insetos ou das larvas dos insetos, o que era esperado, uma vez que a remoção de lipídios concentra os demais componentes presentes nas amostras. O Gráfico 4 apresenta o resultado dos teores de proteína para as amostras engorduradas e desengorduradas, a fim de facilitar a comparação dos resultados.

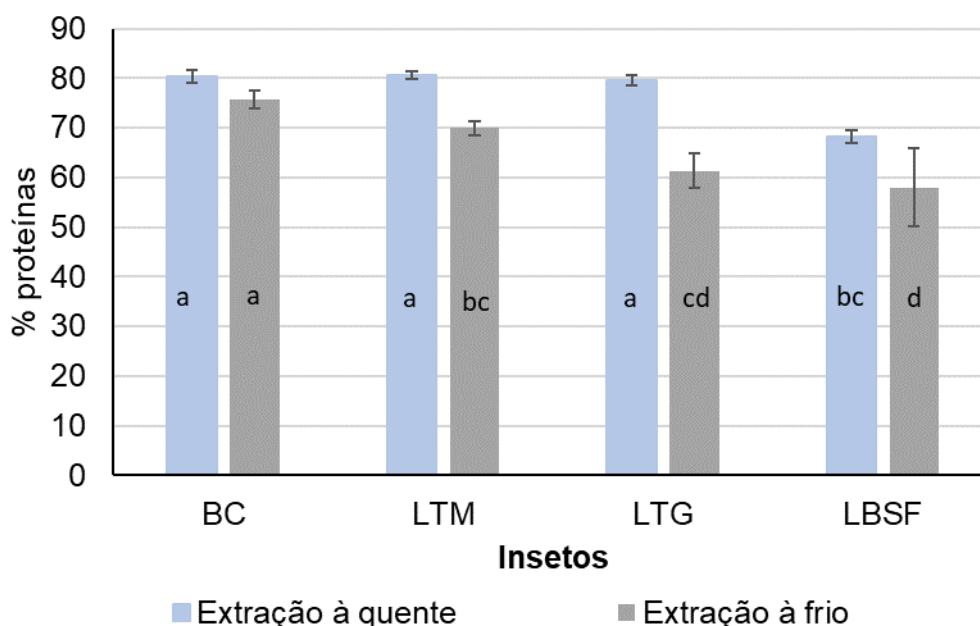
Gráfico 4 – Porcentagem (em base seca) de proteínas nas farinhas com gordura e tortas desengorduradas de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).



Nota-se que o teor de proteína nas farinhas de inseto ou de larvas de inseto e nas tortas desengorduradas foi elevado. As tortas desengorduradas pelo método de Soxhlet apresentaram os maiores teores de proteína, atingindo valor médio de  $80,1 \pm 3,10\%$  para BC, LTM e LTG, contra  $69,00 \pm 7,22\%$  para das tortas desengorduradas a frio.

O Gráfico 5 evidencia o resultado dos teores de proteína para as amostras das tortas das farinhas de inseto ou de larvas de inseto, desengorduradas pelo processo a quente (Soxhlet) e a frio (Bligh-Dyer).

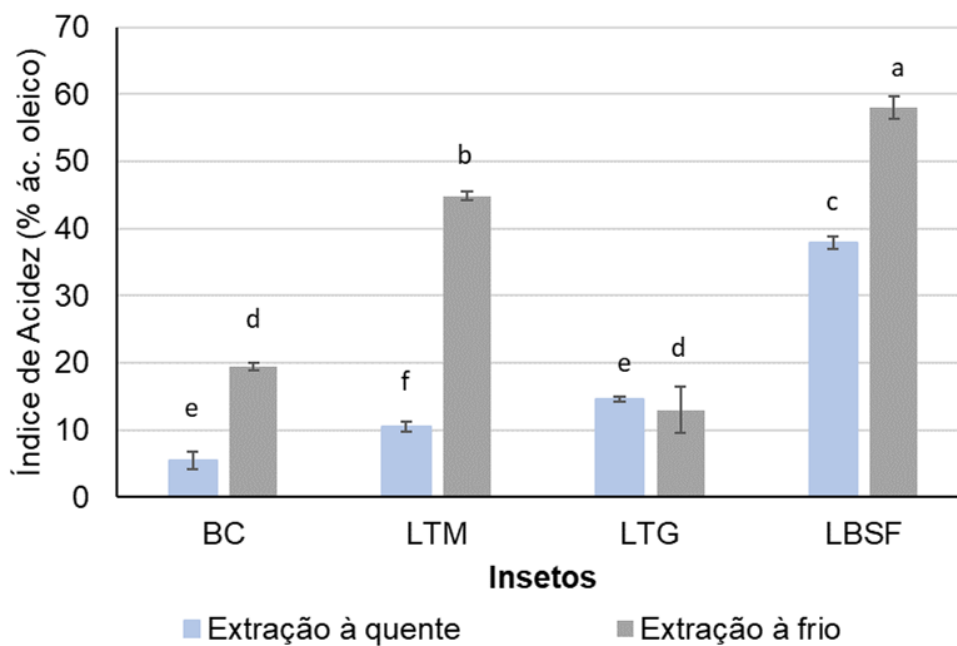
Gráfico 5 – Porcentagem (em base seca) proteínas nas tortas desengorduradas a quente e a frio, de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ). 50



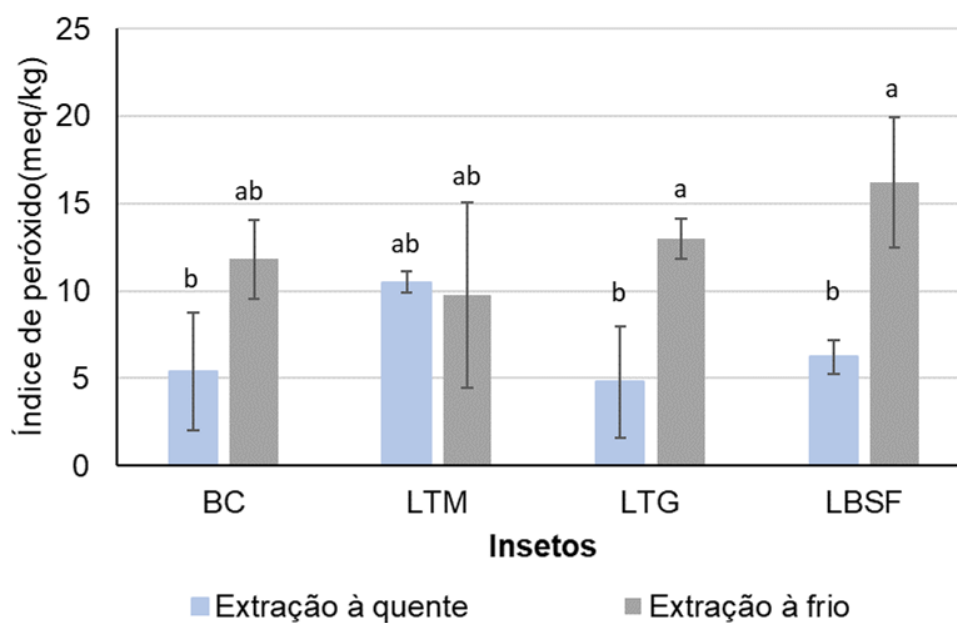
Em termos da análise de índice de acidez e índice de peróxido das frações lipídicas obtidas pela extração a quente e a frio foi observado, conforme apontado no Gráfico 6, que os índices de acidez e de peróxido foram mais elevados para as amostras extraídas a frio com destaque para a fração lipídica de LBSF. Era esperado que os maiores índices de peróxido fossem encontrados nas extrações a quente devido ao fato de a elevada temperatura por longo tempo aumentar a velocidade de reações de oxidação. Bem como esperava-se que esse índice fosse maior nas larvas de tenébrios,

dado que a fração de ácidos graxos poli-insaturados é maior em comparação à BSF (FEEDIPEDIA, 2020; LIU *et al.*, 2017).

Gráfico 6 – (a) Índice de acidez e (b) índice de peróxido nas tortas desengorduradas a quente e a frio, de BC, de LTM, de LTG e de LBSF. As letras representam o resultado do teste de Tukey, sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).



(a)

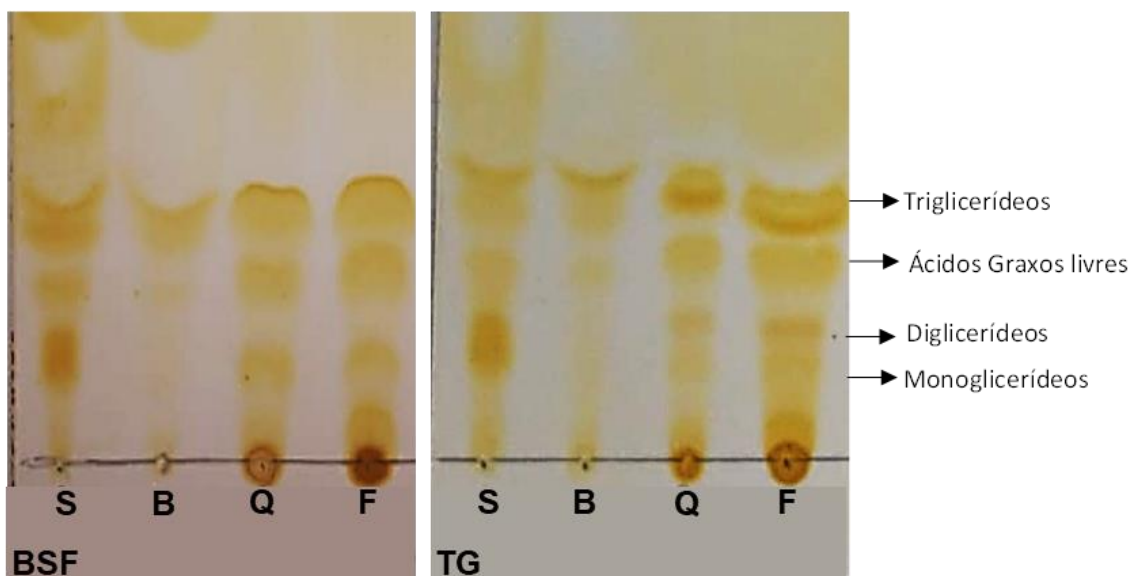


(b)

Em termos gerais, os índices de acidez e de peróxido para todas as extrações foram muito elevados em relação às especificações para óleos refinados, 0,3% e 2,5 meq/kg, respectivamente (ANVISA, 1999). Zheng *et al.* (2013) obtiveram índice de acidez de 7,6 mg KOH/g de lipídios de larvas de *Tenebrio molitor* e de 8,7 mg KOH/g de lipídios de larvas de *Hermetia illucens* extraído por solvente a quente. O índice de peróxido foi de 0,27 meq/kg de lipídios larvas de *Tenebrio molitor* e 0,03 meq/kg de lipídios de larvas de *Hermetia illucens*.

A Figura 14 apresenta a cromatografia de camada delgada para as frações lipídicas extraídas a quente e a frio de LBSF e de LTG, tendo como comparação o óleo de soja refinado (S) e a banha de porco (B). A separação das frações referentes aos triglicerídeos não foi muito clara, sendo necessário refinar a técnica de separação. No entanto, é possível notar que o perfil cromatográfico para as extrações a quente e a frio para cada inseto foi semelhante.

Figura 14 – Cromatografia de camada delgada para a fração lipídica extraída a quente e a frio, de LTG e de LBSF. A corrida S refere-se ao óleo de soja refinado; B à banha de porco; Q à extração a quente; F à extração a frio.



Fonte: Autoria própria.

## **5 CONCLUSÃO**

Conclui-se que os maiores teores de lipídios encontrados foram para LTG e LBSF na extração a quente e os menores teores de lipídios obtidos foram para BC, não havendo diferenças significativas entre os dois tipos de extração utilizados para esse inseto. Os índices de acidez e peróxido foram elevados nas duas extrações, sendo que os maiores índices foram obtidos para LBSF na extração a frio. Diferentes técnicas de extração podem ser utilizadas a fim de se obter produtos com composição centesimal diferentes, contribuindo para a modelagem de processos de produção de insumos para alimentação humana e animal.

Como continuidade do estudo, pode-se avaliar a extração mecânica a frio, comparando o grau de desengorduramento e a qualidade dos lipídios obtidos na extração.

## REFERÊNCIAS

ABREU, E. S. *et al.* Alimentação mundial - Uma reflexão sobre a história. **Saúde e Sociedade** v. 10, n. 02, p. 3-14, 2001.

Ácidos graxos de cadeia longa na saúde e nutrição. **Aditivos & Ingredientes**, ed. 167, p. 40-41, 2020. Disponível em: <[http://www.insumos.com.br/aditivos\\_e\\_ingredientes/materias/167.pdf](http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/167.pdf)>. Acesso em: 10 de outubro de 2022.

AL-QAZZAZ, M. F. A. *et al.* Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 09, p. 518-523, 2016.

AMARENDER, R. *et al.* Lipid and protein extraction from edible insects – Crickets (*Gryllidae*). **LWT – Food Science and Technology**, v. 125, p. 109222-109231, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109222.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. A.O.C.S. Official, Method Ce 1f-96: Determination of cis-and trans-fatty acids in hydrogenated and refined oils and fats by capillary GLC, ed. 04, Champaign, USA, 1997.

ANVISA. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999, Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 82 - 87, 1999.

ARRESE, E. L. *et al.* Lipid storage and mobilization in insects: current status and future directions. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, 31, p. 7-17, 2001.

ATELLA, G. C.; MAJEROWICZ, D.; GONDIM, K. C. **Metabolismo de Lipídeos**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia. Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[http://www.inctem.bioqmed.ufrj.br/images/documentos/biblioteca/Capitulo\\_6\\_Metabolismo\\_de\\_Lipideos.pdf](http://www.inctem.bioqmed.ufrj.br/images/documentos/biblioteca/Capitulo_6_Metabolismo_de_Lipideos.pdf)>. Acesso em: 05 de setembro de 2022.

BARENNE, H.; PHIMMASANE, M.; RAJAONARIVO, C. Insect consumption to address undernutrition, a national survey on the prevalence of insect consumption among adults and vendors in Laos. **Plos One**, v. 10, e0136458, 2015.

BENZERTIHA, A. *et al.* Insect Oil as An Alternative to Palm Oil and Poultry Fat in Broiler Chicken Nutrition. **Animals**, v. 09, n. 03, p. 116, 2019. DOI: 10.3390/ani9030116.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 08, p. 911–917, 1959.

BORGOGNO, M. *et al.* Inclusion of *Hermetia illucens* larvae meal on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed: effect on sensory profile according to static and dynamic evaluations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 10, p. 3402-3411, 2017.

BORREMANS, A. *et al.* Effect of blanching plus fermentation on selected functional properties of mealworm (*Tenebrio molitor*) Powders. **Foods**, v. 09, n.0 7, p. 917-931, 2020. DOI: 10.3390/foods9070917.

BOVERA, F. *et al.* Laying performance, blood profiles, nutrient digestibility and inner organs traits of hens fed an insect meal from *Hermetia illucens* larvae. **Research in Veterinary Science**, 2018. DOI: 10.1016/j.rvsc.2018.09.006.

BRUM, A. A. S. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica. Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Dissertação de Mestrado**, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-26042005-141101/publico/aelson.pdf>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.



BRUM, A. A. S; ARRUDA, L. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 04, p. 849-854, 2009. DOI: 10.1590/s0100-40422009000400005.

BRUNI, L. *et al.* Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source. **Aquaculture**, v. 487, p. 56-63, 2018.

BUßLER, S. *et al.* Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insects' species: Mealworm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Heliyon**, v. 02, n. 12, p. 218, 2016.

BYRNE, J. Estudo: O farelo de BSF melhora a sobrevivência, rendimentos e CA em dietas para camarões. **Nutrition Technologies**, 2021. Disponível em: <<https://www.feednavigator.com/Article/2021/09/28/Study-BSF-meal-improves-survivability-yields-and-FCR-in-shrimp-diets>>. Acesso em: 23 de março de 2022.

CAMPOS, S. Içá: Arca do Gosto // Insetos. **Slow Food Brasil**, 2020. Disponível em: <[https://slowfoodbrasil.org.br/arca\\_do\\_gosto/ica/](https://slowfoodbrasil.org.br/arca_do_gosto/ica/)>. Acesso em: 11 de outubro de 2022.

CANAVOSO, L. E. *et al.* Fat metabolism in insects. **Annual Review of Nutrition**, 21, p. 23-46, 2001.

CANAVOSO, L. E.; FREDE, S.; RUBIOLO, E. R. Metabolic pathways for dietary lipids in the midgut of hematophagous *Panstrongylus megistus* (Hemiptera: *Reduviidae*). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, 34, p. 845-854, 2004.

CANAVOSO, L. E.; WELLS, M. A. Metabolic pathways for diacylglycerol biosynthesis and release in the midgut of larval *Manduca sexta*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, 30, P. 1173-1180, 2000.

CARVALHO, G. S. P. Inclusão de larvas desidratadas de *Tenebrio molitor* em rações peletizadas para papagaio verdadeiro (*Amazona aestiva*). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2021. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/204408/carvalho\\_gsp\\_me\\_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/204408/carvalho_gsp_me_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>. Acesso em: 18 de abril de 2022.

CARVALHO, T. S. G. Farinha de barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) em dietas para calopsitas (*Nymphicus hollandicus*) mantidas em cativeiro. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. **Tese de Doutorado**, Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2017. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/61124623-Farinha-de-barata-de-madagascar-gromphadorhina-portentosa-em-dietas-para-calopsitas-nymphicus-hollandicus-mantidas-em-cativeiro.html>>. Acesso em: 18 de abril de 2022.

CASTRO, T. Obtenção e análise da composição centesimal de farinha de larvas de *Tenebrio molitor*. **TCC (Graduação)** – Bacharelado em Farmácia, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas E Tecnologia. Itacoatira, 2021. Disponível em: <[https://rii.ufam.edu.br/bitstream/prefix/5957/7/TCC\\_ThalisonCastro.pdf](https://rii.ufam.edu.br/bitstream/prefix/5957/7/TCC_ThalisonCastro.pdf)>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

CHAVES, L. R. Entomofagia: Insetos comestíveis. **Revista Pesquisa FAPESP**, 2020. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/insetos-comestiveis/>>. Acesso em: 13 de junho de 2022.

CHEN, X.; FENG, Y.; CHEN, Z. Common edible insects and their utilization in China. **Entomological Research**, v. 39, n. 05, p. 299-303, 2009. DOI: 10.1111/j.1748-5967.2009.00237.x.

CHEN, Y. *et al.* Evaluation of the Dietary Black Soldier Fly Larvae Meal (*Hermetia illucens*) on Growth Performance, Intestinal Health, and Disease Resistance to *Vibrio parahaemolyticus* of the Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Frontiers in Marine Science**, 2021. DOI: 10.3389/fmars.2021.706463.

CHOI, B. D.; WONG, N. A. K.; AUH, J. H. Deffating and sonification enhances protein extraction from edible insects. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 37, n. 06, p. 366-376, 2017.

CHOI, I. H. *et al.* Replacing fish meal by mealworm (*Tenebrio molitor*) on the growth performance and immunologic responses of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 40, e35015, 2018.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, p. 228, 1994. ISBN 85-85676-03-5.

COSTA NETO, E. M. Insetos como fonte de alimento para o homem: valoração de recursos considerados repugnantes. **Interciência**, v. 28, n. 03, p. 136-140, 2003.

DESA - United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2022: Summary of Results**. UN DESA/POP/TR/ n. 03, 2022.

DIEGPL. Função dos Lipídios: Bioquímica dos Carotenóides e Cerídeos. **Cultura Livre, ENEM**, 2018. Disponível em: <[https://culturalivre.com/funcao\\_dos\\_lipidios\\_bioquimica\\_carotenoides\\_cerideos/](https://culturalivre.com/funcao_dos_lipidios_bioquimica_carotenoides_cerideos/)>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.

DIN, A. R. J. M.; RAZAK, S. A.; SABARATNAM, V. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, p. 6592-6598, 2012.

DOEGE, H.; STAHL, A. Protein-Mediated Fatty Acid Uptake: Novel Insights from In Vivo Models. **Physiology**. v. 21, p. 259–268, 2006.

DORTMANS, B. *et al.* Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide. e 02, ed. Dübendorf: **Eawag**: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 2021.

EAI-DF. Escritório de Assuntos Internacionais - Governo do Distrito Federal. **Agenda 2030: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.internacional.df.gov.br/agenda-2030-objetivos-do-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em: 11 de julho de 2022.

EATON S. B.; KONNER, M. Paleolithic Nutrition: A consideration of its nature and current implications. **New England Journal of Medicine**, v. 312, n. 05, p. 283-9, 1985.

EFSA. European Food Safety Authority - Scientific Committee. Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. **EFSA Journal**, v. 13, n. 10, p. 4257, 2015. DOI: 10.2903/j.efsa.2015.4257.

EFSA. European Food Safety Authority - Scientific Committee. Scientific Opinion on the Safety of dried yellowmealworm (*Tenebrio molitor* larvae) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. **EFSA Journal**, v. 19, n. 1, p. 6343-6372, 2021. DOI: 10.2903/j.efsa.2021.6343.

EU - European Commission. Approval of second insect as a Novel Food. **An official EU website**, 2021. Disponível em: [https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/authorisations/approval-insect-novel-food\\_en](https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/authorisations/approval-insect-novel-food_en). Acesso em: 19 de setembro de 2022.

FAO. Edible insects: Future prospects for food and feed security. **Food and Agricultural Organization of the United Nations**, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>>. Acesso em: 28 de abril de 2021.

FEEDIPEDIA - **Animal Feed Resources Information System**. INRA, CIRAD, AFZ e FAO. Disponível em: . Acesso em: 27 de junho de 2022.

FENG, P. *et al.* Effect of dietary *Tenebrio molitor* protein on growth performance and immunological parameters in *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 511, p. 734247, 2019.

FIB - Food Ingredients Brasil. Os lipídios e suas principais funções. **Revista FIB**, n. 37, p. 64-70, 2016.

FOLEY, J. A. *et al.* Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5.734, p. 570-574, 2005.

FONTES, T. V. *et al.* Digestibility of Insect Meals for Nile Tilapia Fingerlings. **Animals**, v. 09, p. 181, 2019. DOI: 10.3390/ani9040181.

FRANÇA, J. *et al.* Avaliação de ingredientes convencionais e alternativos em rações de cães e gatos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 222-231, Viçosa, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/handle/1/15274>> Acesso em: 04 de abril de 2022.

FRECCIA, A. *et al.* **Insects in Aquaculture Nutrition: An Emerging Eco-Friendly Approach or Commercial Reality**, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.90489.

FROST, S. W. General Entomology. **McGraw-Hill**, New York, USA, p. 62-64, 1942.

FURLANI, R. P. Z.; GODOY, H. T. Valor nutricional de cogumelos comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 01, p. 154-157, 2007.

GASCO, L. *et al.* Effect of dietary supplementation with insect fats on growth performance, digestive efficiency and health of rabbits. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 10, n. 04, 2019. DOI: 10.1186/s40104-018-0309-2.

GASCO, L.; BIANCAROSA, I.; LILAND, N. S. From waste to feed: a review of recent knowledge on insects as producers of protein and fat for animal feeds. **Green and Sustainable Chemistry**, 2020. DOI: 10.1016/j.cogsc.2020.03.003.

GERRETSEN, I. Insetos: o alimento supernutritivo desprezado pelo mundo ocidental. **BBC News**, 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-56999884>>. Acesso em: 11 de outubro de 2022.

GONÇALVES, L. H. Análise centesimal da farinha de *Zophomas morio* e proposta de inclusão em formulação de petisco para cães. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufcspa.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1142/1/%5BTCC%5D%20Gon%C3%A7alves%2C%20Luana%20Haupt>>. Acesso em: 01 de junho de 2022.

GRILLO, L. A. M.; MAJEROWICZ, D.; GONDIM, K. C. Lipid metabolism in *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae): Role of a midgut triacylglycerol-lipase. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, 37, p. 579-588, 2007.

GUIMARÃES, C. P. Estimativa dos teores de fenilalanina em sopas desidratadas instantâneas: importância do nitrogênio de origem não protéica. **Dissertação de Mestrado**, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-13042009-215811/publico/DissertacaoClaudiaGuimaraes.pdf>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. The Insects: An Outline of Entomology. **Wiley-Blackwell**, Oxford. ed. 04, p. 505, 2010.

HE, Y. *et al.* Replacement of Commercial Feed with Fresh Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Hindawi, **Aquaculture Nutrition**. Volume 2022. Article ID 9130400.

HENRY, M. A. *et al.* Does dietary insect meal affect the fish immune system? The case of mealworm, *Tenebrio molitor* on European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. **Developmental & Comparative Immunology**, 81, p. 204-209, 2018. DOI: 10.1016/j.dci.2017.12.002.

HWANGBO, J. *et al.* Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. **Journal of Environmental Biology**, v. 30, p. 609-614, 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. **Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo: 04, ed. digital 01, p. 591-593, 2008.

JANSSEN, R. H. *et al.* Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 11, p. 2275-2278, 2017. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b00471.

JAYASENA, D. D.; JO, C. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 34, n. 2, p. 96-108, 2013. DOI: 10.1016/j.tifs.2013.09.002.

JUSTINO, H. F. M.; SANTOS, F. R.; LEITE JUNIOR, R. C. Insetos Comestíveis: Potencial lipídico. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente** v. 02, n. 04, 2021.

KATES, M. Techniques of lipidology: isolation, analysis and identification of lipids. **Elsevier Applied Science**: London, 1972, cap. 02.

KIM, T. *et al.* Effects of organic solvent on functional properties of defatted proteins extracted from *Protaetia brevitarsis* larvae. **Food Chemistry**, v. 336, p. 127679-127691, 2021. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127679.

KIM, Y. B. *et al.* Black soldier fly larvae oil as an alternative fat source in broiler nutrition. **Poultry Science**, v. 99, p. 3133–3143, 2020.

KIRFEL, G., KOMNICK, H. Differential absorption and esterification of dietary long chain fatty acids by larvae of the dragonfly, *Aeshna cyanea*. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, 40, 183-193, 1999.

KOURIMSKÁ, L.; ADÁMKOVÁ, A. Nutritional and sensory quality of edible insects. **NFS Journal**, v. 04, p. 22–26, 2016.

LAROCHE, M. *et al.* Comparison of conventional and sustainable lipid extraction methods for the production of oil and protein isolate from edible insect meal. **Foods**, v. 08, n. 11, p. 572-582, 2019. DOI: 10.3390/foods8110572.

LEE, S. *et al.* Quality characteristics and protein digestibility of *Protaetia brevitarsis* larvae. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 62, n. 5, p. 741-752, 2020. **Korean Society of Animal Science and Technology**. DOI: 10.5187/jast.2020.62.5.741.

LEMOS, I. A. Níveis de inclusão de farinha de larva de tenébrio na dieta de cães sobre os parâmetros sanguíneos. Programa de Pós-Graduação em Produção Animal. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/36415>>. Acesso em: 19 de abril de 2022.

LI, Q. *et al.* Insect fat, a promising resource for biodiesel. **Petroleum & Environmental Biotechnology**, 02, p. 01-06, 2011.

LIMA, F. E. L. *et al.* Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: Uma revisão. **Revista de Nutrição**. Campinas, cap. 13, v. 2, p. 73-80, maio/ago., 2000. DOI: 10.1590/S1415-52732000000200001.

LIMOEIRO, R.; FREITAS, S. P.; ALMEIDA, E. L. Extração e emprego de óleos de insetos comestíveis na alimentação humana: Estudo prospectivo. **11° SIAL – Simpósio de Alimentos**, ISSN: 2236-0409, v. 11, 2021. Disponível em: <[https://www.upf.br/\\_uploads/Conteudo/simposio-sial-anais/2020/Tecnologia/t-33.pdf](https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/simposio-sial-anais/2020/Tecnologia/t-33.pdf)>. Acesso em: 16 de agosto de 2022.

LINASSI, R.; BORGHETTI, B. Antropoentomofagia: um estudo sobre a potencialidade dos insetos como alimento no Brasil. Eraldo Medeiros Costa-Neto (Org.). **Antropoentomofagia: insetos na alimentação humana**. Feira de Santana. Universidade Estadual de Feira de Santana, ed. 01, p. 55-75, 2011.

LIU, X. *et al.* Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. **Plos One**, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0182601.

LONGVAH, T.; MANGTHYA, K.; RAMULU, P. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. **Food Chemistry**, v. 128, p. 2, p. 400-403, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.03.041.

LUCAS, A. J. S. *et al.* Efeitos das diferentes condições de processo na avaliação da hidrólise enzimática de barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*). **Brazilian Journal of Development**, v. 06, p. 48885-48898, 2020.



LUCAS, A. J. S. **Insetos na alimentação animal**: um panorama geral. Rio Grande: ed. FURG, 2021.

LUCAS, A. J. S.; OLIVEIRA, L. M.; PRENTICE, C. Como os diferentes estágios do desenvolvimento interferem na composição proximal da barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*). **Brazilian Journal of Development**, v. 05, p. 32510-32516, 2019.

MANIRAKIZA, P.; COVACI, A.; SCHEPENS, P. Comparative study on total lipid determination using Soxhlet, Roese-Gottlieb, Bligh & Dyer and modified Bligh & Dyer extraction methods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, n. 01, p. 93-100, 2001.

MARCIANO, L. E. A. Farinha de *Tenebrio molitor*, Fabricius, 1798 na dieta de coelhos da raça Lionhead. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)**, Universidade Federal da Paraíba. Areias, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/16552/1/LEAM21112019%20-%20MZ288.pdf>>. Acesso em: 02 de junho de 2022.

MARIOD, A. A. *et al.* Supercritical carbon dioxide extraction of sorghum bug (*Agonoscelis pubescens*) oil using response surface methodology. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 87, n. 08, p. 849–856, 2010. DOI: 10.1007/s11746-010-1565-2.

MARONO, S. *et al.* Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. **Poultry Science**, v. 96, p. 1783–1790, 2017. DOI: 10.3382/ps/pew461

MATOS, E. Produção de insetos para alimentação de animais exóticos é o novo nicho de mercado. **Revista Animal Business Brasil**, p. 55, 2016.

MCHARGUE, J. S. A study of proteins of certain insects with reference to their value as food for poultry. **Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 633-637, 1917.

MINTAH, B. *et al.* Edible insect protein for food applications: extraction, composition, and functional properties. **Journal of Food Process Engineering**, v. 43, n. 04, p. 13362-13373, 2020. DOI: 10.1111/jfpe.13362.

MORAES, B.; FERNANDES, L. O promissor mercado de insetos comestíveis. **Reportagem, dossiê 198**. 2018. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/putz-grila-insetos-na-comida/>>. Acesso em: 20 de abril de 2021.

MOTTA, V. T. **Bioquímica clínica para o laboratório: princípios e interpretações**. ed. 04. Porto Alegre: Editora Médica Missau, cap. 09, p. 235, 2003.

MUIN, H. *et al.* Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v. 16, n. 02, p. 567-577, 2017.

MWANIKI, Z.; NEIJAT, M.; KIARIE, E. Egg production and quality responses of adding up to 7.5% defatted black soldier fly larvae meal in a corn–soybean meal diet fed to Shaver White Leghorns from wk 19 to 27 of age. **Poultry science**, v. 97, p. 2829-2835, 2018.

NEKRASOV, R. V. *et al.* Dried black soldier fly larvae *Hermetia illucens* in diets to growing pigs. **66<sup>th</sup> EAAP Annual Meeting**, Warsaw, Poland, 2015. DOI: 10.1093/jas/sky404.691.

NG, W. K. *et al.* Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 273-280, 2001.

NU Brasil - Nações Unidas do Brasil. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Brasília, 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 12 de julho de 2022.

OLIVEIRA, C. Associação e Congresso para representar a entomofagia. **BBC News Brasil**, São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2018/09/27/146854-farinha-de-grilo-e-barrinhas-de-besouros-estes-brasileiros-apostam-em-insetos-como-alimento.html>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.

OLIVEIRA, F. G. **Como utilizar insetos para rações e alimentos para animais? Perspectiva de um zootecnista atuante no mercado.** Rio Grande: FURG, cap. 10, p. 141, 2021. ISBN 978-65-5754-081-7 (eletrônico). Disponível em: <https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/9587/INSETOS%20NA%20ALIMENTA%C3%87%C3%83O%20ANIMAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 de maio de 2022.

ORTIZ, J. A. C. *et al.* Insect Mass Production Technologies. **Insects as Sustainable Food Ingredients**, ed. 01, c. 06. New York: Elsevier, 2016.

PAN, W. J. *et al.* Supercritical carbon dioxide extraction of the oak silkworm (*Antheraea pernyi*) Pupal oil: Process optimization and composition determination. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, p. 2354–2367, 2012. DOI: 10.3390/ijms13022354.

PEARSON, L.; MCORIST, S. Insect larvae as a protein source for pig feed – What’s the future? The pros, cons, and current limitations of using black soldier fly larvae as an alternative protein source. **Pig 333** - Professional Pig Community. Disponível em: <[https://www.pig333.com/articles/the-future-of-insect-larvae-as-a-protein-source-for-pig-feed\\_17955/](https://www.pig333.com/articles/the-future-of-insect-larvae-as-a-protein-source-for-pig-feed_17955/)>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

PIMENTEL, A. Entomofagia: insetos como fonte de alimento. **Website** Andréia Pimentel, 2019. Disponível em: <<http://andreiapimentel.com.br/entomofagia/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2022.

PINTO, C. X. A. Extração lipídica da biomassa de *Tenebrio molitor* por fluído supercrítico: Índices de peróxido e acidez. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)**, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/234047/TCC%20-%20Carolina%20Xavier.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 de outubro de 2022.

PURSCHKE, B *et al.* Pilot-scale supercritical CO<sub>2</sub> extraction of edible insect oil from *Tenebrio molitor* L. larvae – Influence of extraction conditions on kinetics, defatting performance and compositional properties. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 118, 2016. DOI: 10.1002/ejlt.201600134.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Artigo, Revista Virtual Química**, v. 05, n. 01, p. 2-15, 2013.

REGITANO- D'ARCE, M. A. B. Extração de óleo de girassol com etanol: cinética, ácido clorogênico, fração insaponificável. **Dissertação de Mestrado**, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991. ESALQ - Biblioteca Central (t664.369 R337e 53353).

REVERCHON, E.; DE MARCO, I. Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 38, p. 146–166, 2006. DOI: 10.1016/j.supflu.2006.03.020.

RODRIGUES, C. E. Derivatização e análise de ácidos carboxílicos de cadeia longa por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência induzida por laser. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/180612/001069172.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

Royal Society of Chemistry - **ChemSpider**. Disponível em: <[www.chemspider.com/](http://www.chemspider.com/)>. Acesso em: 04 de julho de 2022.

RUMPOLD, B. A., SCHLÜTER, O. Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing. **Animal Frontiers**, v. 5, n. 2, p. 20-24, 2015. DOI: 10.2527/af.2015-0015.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. **Journal of Cleaner Production**, 65, p. 16-27, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.11.068.

SCHIAVONE, A. *et al.* Substituição parcial ou total de óleo de soja por gordura de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens* L.) em dietas de frangos de corte: efeito no desempenho de crescimento, escolha alimentar, características sanguíneas, características de carcaça e qualidade da carne. **Jornal Italiano de Ciência Animal**, v. 16, n. 01, p. 93-100. DOI: 10.1080/1828051x.2016.124996.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, J.P.D. Extraction and analysis of lipids. In: AKOH, C.C; MIN, D.B. Food lipids: chemistry, nutrition and biotechnology. New York: **Marcel Dekker**. cap. 05, p. 115-135, 1998.

SILVA, L. F. M.; FERREIRA, K. S. Coluna Nutrição: Gordura de coco e saúde humana. **Coluna UENF Ciência**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2017. Disponível em: <<https://uenfciencia.blogspot.com/2017/07/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2022.

SINGH, J.; BARGALE, P. C. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. **Journal of Food Engineering**. 43, p. 75–82, 2000.

STAHL, E.; SCHUETZ, E.; MANGOLD, H. K. Extraction of seed oils with liquid and supercritical carbon dioxide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 06, p. 1153–1157, 1980. DOI: 10.1021/jf60232a023.

STORER, T. I.; USINGER, R. L. **Zoologia Geral**. Companhia Editora Nacional, São Paulo, p. 757, 1971.

SURENDRA, K. C. *et al.* Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. Elsevier, **Renewable Energy**, 98, 197–202. DOI: 10.1016/j.renene.2016.03.022.

SUTTON, M. Q. Archaeological aspects of insect use. **Journal of Archaeological Method and Theory**, v. 02, n. 03, p. 253-298, 1995.

SYPNIEWSKI, J. *et al.* Replacement of soybean oil by *Hermetia illucens* fat in turkey nutrition: effect on performance, digestibility, microbial community, immune and physiological status and final product quality. **British Poultry Science**, v. 61, n. 03, p. 294-302, 2020. DOI: 10.1080/00071668.2020.1716302.

TAKASHI, N. S. Importância dos ácidos graxos essenciais. **Artigo em hipertexto**, 2007. Disponível: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_3/acidosgraxos/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/acidosgraxos/index.htm)>. Acesso em: 10 de outubro de 2022.

TEGUIA, A.; MPOAME, M.; OKOUROU, M. J. A. The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. **Tropicultura**, v. 20, p. 187–192, 2002.

TUBIN, J. S. B. Farinha de insetos na alimentação de tilápias em sistemas bioflocos e recirculação de água. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. **Dissertação de Mestrado**, Universidade do Estado de Santa Catarina. Chapecó, 2017. Disponível em: <<https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00002d/00002d64.pdf>>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

TUNES, S. Entomofagia: Insetos Comestíveis. **Revista Pesquisa FAPESP**, ed. 290, abril de 2020. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/insetos-comestiveis/>>. Acesso em: 11 de julho de 2022.

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

TZOMPA-SOSA, D. A.; FOGLIANO, V. Potencial of insect-derived ingredients for food applications. **Insect Physiology and Ecology**, cap. 09. InTech, 2017. DOI: 10.5772/67318.

VADKE, V. S.; SOSULKI, F. W. Mechanics of oil expression from canola. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. 65, p. 1169–1176, 1988.

VAN HUIS, A. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 563–583, 2013. DOI: 10.1146/annurev-ento-120811-153704.

VARELAS, V.; LANGTON, M. Forest biomass waste as a potential innovative source for rearing edible insects for food and feed: A review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 41, p. 193-205, 2017. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.03.007.

VASCONCELOS, G. T. Uso de farinha de insetos na nutrição de peixes. **Tese de Mestrado** (Engenharia de Pesca), Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2019. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/192774/vasconcelos\\_gt\\_me\\_jabo.pdf?sequence=3](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/192774/vasconcelos_gt_me_jabo.pdf?sequence=3)>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

VILELLA, L. M. Produção de insetos para uso na alimentação animal. Trabalho de Conclusão de Curso (**TCC**), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/180588/001072223.pdf?sequence=1&is=1>>. Acesso em: 14 de setembro de 2022.

WANG, Y. *et al.* Study on the rearing larvae of *Tenebrio molitor* Linne and the effects of its processing and utilizing. **Acta Agriculturae Universitatis Henanensis**, v. 30, n. 03, p. 288-292, 1996. ISSN 1000-2340.

WEI, Z. J. *et al.* Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of silkworm pupal oil applying the response surface methodology. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 4214–4219, 2009. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.04.010.

YI, L. Y. *et al.* Extration and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food Chemistry**, v. 141, p. 3341-3348, 2013.

YU, M. *et al.* Use of *Hermetia illucens* larvae as a dietary protein source: effects on growth performance, carcass traits, and meat quality in finishing pigs. **Meat Science**, 2019. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.05.008.

ZHENG, L. *et al.* Exploring the potential of grease from yellow mealworm beetle (*Tenebrio molitor*) as a novel biodiesel feedstock. **Elsevier**, Applied Energy, v. 101, p. 618-621, 2013. DOI: 10.1016/j.apenergy.2012.06.067.



# ANEXOS

Anexo 1 - Desempenho produtivo de peixes alimentados com larvas e pré-pupa da mosca BSF.

País	Tipo de Substrato	Processamento / utilização	Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Resultado	Referência
Estados Unidos	Esterco frango	Larvas inteiras e picadas	<i>Oreochromis aureus</i> Tilapia azul (Juvenil)	0; 50; 75 e 100	Peso corporal e comprimento total de tilápias alimentadas com 100% larvas picadas não diferiram dos peixes das dietas controle com 35% ou 45% de proteína bruta. Peixes com maior peso corporal foram dos tratamentos com 25% da dieta controle (35%PB) + 75% de larvas picadas	Bondari e Sheppard (1981)
Estados Unidos	Esterco frango	Larvas inteiras e picadas	<i>Ictalurus punctatus</i> Bagre de canal (Juvenil)	0; 50; 75 e 100	Bagre de canal alimentados com 100% larvas picadas não diferiram no peso corporal e comprimento total de peixes da dieta referência com 35% ou 45% de proteína bruta.	Bondari e Sheppard (1981)
Estados Unidos	Esterco suíno	Pré-pupas secas 70° C	<i>Ictalurus punctatus</i> Bagre de canal (Juvenil)	7,5; 15; 22,5 e 30	Bagre de canal alimentados com dieta contendo 7,5% de inclusão de farinha de pré-pupa para apresentou maior ganho de peso. Maiores inclusões prejudicam a conversão alimentar e eficiência proteica.	Newton et al. (2005)
Estados Unidos	Esterco suíno	Pré-pupas secas 80° C	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (Juvenil)	0; 25 e 50	Pode substituir em 25% da farinha de peixe sem afetar o ganho de peso, ingestão e conversão alimentar, composição corporal de proteína e cinza. Dieta com 25% e 50% aumentaram o conteúdo de ácido láurico e reduziram EPA (C20:5n-3) e DHA (C22:6n3) corporal.	St-Hilaire et al. (2007a)
Estados Unidos	Esterco bovino e resíduo de peixe	Pré-pupas, secas a 40° C por 36h	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (Juvenil)	0; 25 e 50	Peixes da dieta com 50% de substituição, com farinha de larvas entenuçadas não diferiram dos peixes da dieta controle para o ganho de peso, conversão alimentar, composição corpora de proteína e cinzas. Dieta com 50% de larvas enriquecidas aumentou EPA, DHA e C12:0 (ácido láurico) muscular de trutas arco-íris.	Sealey et al. (2011)
Alemanha	n.i.	Pré-pupas desengorduradas (pressão), secas a 60° C por 20h	<i>Psetta maxima</i> Peixe chato (Juvenil)	0; 17; 33; 49; 64 e 76	Pode substituir a farinha de peixe em 33% sem afetar ingestão e conversão alimentar. Taxas de crescimento específico e peso final foram menores em qualquer nível de inclusão. Dieta teste com 30% de pré-pupas reduziu a digestibilidade da proteína, lipídeo e energia.	Kroeckel et al. (2012)
Noruega	Restos de alimento humano	Farinha de larvas	<i>Salmo salar</i> Salmao do atlântico (adulto)	0; 25; 50 e 100 25 e 100	Foi possível substituir 50% sem afetar o peso final, conversão alimentar e valor presente da proteína. Ao nível de 100% aumento o índice hepático e visceral. Testes sensoriais não revelaram diferenças de sabor e textura nos filés. Os níveis de substituição não modificaram a composição de ácidos graxos corporal.	Lock et al. (2016)
Reino Unido	Resíduo cervejaria e farelo de trigo	Larvas secas a 60° - 80° C 2h	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilapia-do-nilo (Juvenil)	0; 20; 50 e 70	Substituições até 70% foram possíveis, sem afetar significativamente o ganho de peso, taxa de crescimento e taxa de eficiência proteica. Houve aumento do conteúdo de ácido graxos saturados e redução de EPA.	Devic et al. (2017)
Malásia	n.i.	Larvas, secas a 50° C 24h	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilapia-do-nilo (Juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	100% de substituição afetou o ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar. Melhores resultados para esses parâmetros foi ao nível de 50%. Proteína e energia corporal não diferiram, mas foi maior e 25 e 50%, respectivamente.	Muin et al. (2017)
China	n.i.	Farinha de larvas	<i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (Juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Dieta com 100% de substituição não prejudicou o ganho de peso, taxa de crescimento e conversão alimentar. Melhores resultados foram com dieta contendo 75%. Qualquer nível de substituição reduziu o conteúdo de DHA e aumentou C12:0 corporal.	Zhou et al. (2017)

Fonte: VASCONCELOS, 2019.

Anexo 2 - Composições de ácidos graxos da BSF em diferentes etapas da vida (calculadas pelo percentual de gordura.

	Egg (<12h)	1-d-L	4-d-L	6-d-L	7-d-L	9-d-L	12-d-L	14-d-L	E- prepupa	L- prepupa	E- pupa	L- pupa	Female	Male	P- adult
Caproic 6:0 (%)	—	—	0.6±0.02 <sup>a</sup>	—	—	—	—	0.1±0.03 <sup>b</sup>	—	—	—	—	—	—	—
Decanoic 10:0 (%)	1.3±0.06 <sup>abcd</sup>	—	0.2±0.02 <sup>b</sup>	0.3±0.02 <sup>bc</sup>	0.4±0.02 <sup>b</sup>	0.6±0.02 <sup>d</sup>	0.9±0.03 <sup>ef</sup>	1.1±0.01 <sup>e</sup>	1±0.03 <sup>cd</sup>	0.9±0.02 <sup>abcd</sup>	0.9±0.03 <sup>cd</sup>	0.8±0.02 <sup>cd</sup>	1±0.04 <sup>cd</sup>	1±0.02 <sup>cd</sup>	1.6±0.06 <sup>e</sup>
Lauric 12:0 (%)	70.6±0.49 <sup>bc</sup>	71.8±0.54 <sup>bc</sup>	76.6±0.11 <sup>d</sup>	16.4±0.18 <sup>e</sup>	34±0.21h	38.2±0.17 <sup>g</sup>	53.9±0.21 <sup>f</sup>	61.4±0.09 <sup>e</sup>	62.5±0.28 <sup>e</sup>	73.4±0.65 <sup>b</sup>	72±0.14 <sup>bc</sup>	78.4±0.57 <sup>a</sup>	78.9±0.62 <sup>a</sup>	70.2±0.15 <sup>cd</sup>	69.8±0.19 <sup>d</sup>
Myristic 14:0 (%)	5.2±0.11 <sup>a</sup>	4.9±0.07 <sup>ad</sup>	2.6±0.05 <sup>d</sup>	4.6±0.06 <sup>d</sup>	8.6±0.09 <sup>d</sup>	8.7±0.06 <sup>d</sup>	10±0.13 <sup>e</sup>	10.2±0.09 <sup>e</sup>	9.4±0.12 <sup>de</sup>	10.4±0.11 <sup>e</sup>	9.2±0.08 <sup>de</sup>	8.8±0.11 <sup>cd</sup>	9.4±0.05 <sup>b</sup>	9.2±0.02 <sup>bc</sup>	10.4±0.08 <sup>b</sup>
Myristoleic 14:1 (%)	—	—	—	—	0.3±0.03 <sup>a</sup>	—	0.3±0.02 <sup>a</sup>	0.2±0.01 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	0.2±0.02 <sup>a</sup>	—
Pentadecanoic 15:0 (%)	—	—	0.1±0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Palmitic 16:0 (%)	2.8±0.09 <sup>d</sup>	2.4±0.05 <sup>d</sup>	22.8±0.17 <sup>a</sup>	14.6±0.08 <sup>e</sup>	18±0.11 <sup>b</sup>	12.2±0.07 <sup>d</sup>	8.6±0.08 <sup>e</sup>	7.8±0.05 <sup>f</sup>	7.2±0.05 <sup>g</sup>	5.5±0.04 <sup>f</sup>	6.3±0.06 <sup>b</sup>	5.3±0.04 <sup>f</sup>	3.9±0.05 <sup>f</sup>	5.2±0.06 <sup>f</sup>	4.8±0.05 <sup>f</sup>
Palmitoleic 16:1 (%)	1±0.02 <sup>a</sup>	—	0.7±0.01 <sup>b</sup>	2.3±0.02 <sup>d</sup>	3.8±0.02 <sup>b</sup>	3.9±0.03 <sup>b</sup>	3.2±0.04 <sup>b</sup>	2.5±0.05 <sup>e</sup>	1.8±0.05 <sup>e</sup>	1±0.04 <sup>d</sup>	1±0.04 <sup>d</sup>	0.6±0.01 <sup>b</sup>	0.7±0.03 <sup>b</sup>	1.6±0.02 <sup>d</sup>	2.2±0.03 <sup>d</sup>
Heptadecanoic 17:0 (%)	—	—	0.2±0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Stearic 18:0 (%)	2.1±0.06 <sup>e</sup>	2.3±0.06 <sup>e</sup>	4.8±0.07 <sup>a</sup>	3.8±0.05 <sup>b</sup>	3.2±0.05 <sup>e</sup>	2.6±0.06 <sup>d</sup>	1.4±0.04 <sup>f</sup>	1±0.03 <sup>g</sup>	1±0.04 <sup>g</sup>	0.6±0.01 <sup>h</sup>	0.7±0.02 <sup>h</sup>	0.6±0.01 <sup>h</sup>	0.4±0.06 <sup>f</sup>	0.6±0.03 <sup>h</sup>	0.6±0.01 <sup>h</sup>
Elaidic 18:1 (%)	—	—	0.1±0.01 <sup>a</sup>	—	0.1±0.01 <sup>a</sup>	0.1±0.01 <sup>a</sup>	0.1±0.01 <sup>a</sup>	0.1±0.02 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	—
Oleic 18:1 (%)	3.4±0.03 <sup>d</sup>	6.1±0.13 <sup>d</sup>	36.4±0.28 <sup>a</sup>	24.2±0.55 <sup>b</sup>	15.8±0.14 <sup>b</sup>	16±0.17 <sup>b</sup>	10.4±0.09 <sup>d</sup>	7.8±0.06 <sup>e</sup>	7±0.06 <sup>d</sup>	3.4±0.03 <sup>d</sup>	3.7±0.04 <sup>d</sup>	2±0.04 <sup>b</sup>	2±0.05 <sup>b</sup>	4.2±0.09 <sup>d</sup>	3.5±0.06 <sup>d</sup>
Linoleic 18:2 (%)	4.5±0.18 <sup>d</sup>	5±0.12 <sup>cd</sup>	22.4±0.46 <sup>b</sup>	31.4±0.53 <sup>a</sup>	14.8±0.10 <sup>d</sup>	16.6±0.11 <sup>e</sup>	10.3±0.09 <sup>d</sup>	7.2±0.13 <sup>f</sup>	9.6±0.09 <sup>e</sup>	4.8±0.05 <sup>h</sup>	5.8±0.08 <sup>gh</sup>	3.2±0.05 <sup>f</sup>	3.5±0.07 <sup>f</sup>	7.5±0.13 <sup>d</sup>	6.8±0.08 <sup>d</sup>
$\alpha$ -Linolenic 18:3 (%)	—	—	0.9±0.02 <sup>b</sup>	1.6±0.15 <sup>b</sup>	0.8±0.02 <sup>bc</sup>	1±0.05 <sup>b</sup>	0.6±0.02 <sup>cd</sup>	0.4±0.02 <sup>de</sup>	0.6±0.02 <sup>cd</sup>	0.3±0.02 <sup>e</sup>	0.4±0.02 <sup>de</sup>	0.2±0.01 <sup>e</sup>	0.2±0.00 <sup>e</sup>	0.4±0.05 <sup>de</sup>	0.3±0.02 <sup>e</sup>
Arachidic 20:0 (%)	0.5±0.02 <sup>a</sup>	—	0.3±0.02 <sup>b</sup>	0.3±0.02 <sup>b</sup>	0.1±0.01 <sup>f</sup>	0.1±0.01 <sup>f</sup>	0.1±0.01 <sup>f</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—
Eicosenoic 20:1 (%)	—	—	0.1±0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Docosanoic 22:0 (%)	2.2±0.11 <sup>a</sup>	1.2±0.05 <sup>b</sup>	0.1±0.01 <sup>e</sup>	0.2±0.03 <sup>e</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lignocelic 24:0 (%)	6.4±0.14 <sup>d</sup>	6.4±0.09 <sup>b</sup>	—	0.3±0.02 <sup>b</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Oseanic 24:1 (%)	—	—	0.1±0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

All the results were calculated by dry mass. N-d-L: n-day-larvae. E—prepupa: early prepupa. L—prepupa: late prepupa. E-pupa: early pupa. L-pupa: late pupa. P-adult: postmortem adult. Female and male sampling was complete in two days after emergence. The proportion of male and female in postmortem adult samples was about 1:1. Data are expressed as Mean ± S.E. values within a row with different superscripts differ from each other at P<0.05.

Fonte: LIU et al., 2017.