



**TECNOLOGIA
BARREIRO**

ESCOLA SUPERIOR
POLITÉCNICO SETÚBAL

MANUEL GRAÇA
CARVALHO
MENDES

**VALORIZAÇÃO DE BIOMASSA DE
INSETOS ATRAVÉS DO
DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS
DE PROCESSAMENTO
INOVADORAS**

Relatório de Dissertação do Mestrado em
Engenharia Biológica e Química

ORIENTADORA

Professora Doutora Lurdes Gameiro

SUPERVISORES

Doutora Catarina V. Esteves

Professor Doutor Luís C. Branco

Dezembro de 2025

MANUEL GRAÇA
CARVALHO
MENDES

**VALORIZAÇÃO DE BIOMASSA DE
INSETOS ATRAVÉS DO
DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS
DE PROCESSAMENTO
INOVADORAS**

JÚRI

Presidente: Professora Doutora Susana Paula dos Santos Carvalho Piçarra, ESTBarreiro/IPS

Supervisora: Doutora Catarina Alexandra Veríssimo Esteves, FCT NOVA

Vogal: Professora Doutora Ana Gabriela Gonçalves Neves Gomes, ESTBarreiro/IPS

Dezembro de 2025

À minha família

A vida é como andar de bicicleta. Para manter o equilíbrio, devemos-nos continuar a mover.

Albert Einstein

Agradecimentos

Após a realização deste trabalho, longo e divertido, eu gostaria de agradecer às pessoas que estiveram a apoiar-me durante a minha estadia no laboratório bem como àquelas que possibilitaram o meu percurso nesta instituição.

Em primeiro lugar eu gostaria de agradecer à minha família que cuidou de mim durante estes 6 meses para possibilitar o foco total no trabalho sem que me faltasse nada.

À Coordenadora do Mestrado, Maria de Lurdes Gameiro por ter apresentado a possibilidade deste estágio e o apoio na realização da tese.

Aos Professores Luís Branco e Catarina Esteves, por terem aceitado a proposta da minha participação. Em especial queria agradecer ao Professor Luís Branco por ter disponibilizado os seus laboratórios de investigação para que eu participasse em atividades de investigação, e à Professora Catarina Esteves por ter realizado o acolhimento, mostrando a instituição, os diferentes laboratórios, os colegas, funcionários e espaços importantes para o funcionamento do laboratório, ter ajudado na procura no material de estudo, também pelo tempo disponibilizado para visitas de estudo como também na escrita da tese.

À Investigadora Maria João, que em conjunto com a Professora Catarina E., mostrou técnicas e regras de laboratório bem como as experiências que partilharam esperando que eu não cometa os mesmos erros.

Às Investigadoras Ana e Andreia por terem supervisionado o funcionamento do laboratório durante tempos menos favoráveis.

Às Investigadoras Karolina, Joana, Sunny, por me tirarem as dúvidas na realização prática do trabalho e explicarem o seu trabalho.

À Entogreen e Tunderfoods que nos forneceram as farinhas de larvas desidratadas da *Hermetia Illucens*.

À Hafsa, e à Anaëlle queria agradecer, pois foram colegas de laboratório que me ajudaram a avançar e finalizar o meu trabalho durante a sua estadia.

E por fim à agenda InsectERA que facilitou e tornou este trabalho possível.

Resumo

Com o decurso do tempo, têm-se intensificado os esforços no sentido da resolução dos desafios globais. Neste quadro, a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu um conjunto de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre os quais sobressai o combate à fome. No âmbito deste ODS, têm sido conduzidas diversas investigações, algumas com resultados promissores do ponto de vista da aplicação prática, mas cuja disponibilidade no mercado permanece limitada. É neste contexto que se insere a Agenda Mobilizadora InsectERA.

A InsectERA visa potenciar a interligação entre entidades de investigação e desenvolvimento (I&D) e os demais intervenientes do setor agroalimentar, de modo a fomentar a acessibilidade a soluções inovadoras baseadas em insetos e seus derivados. Para o efeito, foram estabelecidas parcerias com operadores como a Auchan e a Casa Mendes Gonçalves, no domínio da distribuição e comercialização, bem como com instituições académicas e centros de investigação, designadamente a Universidade Nova de Lisboa e a Universidade de Aveiro.

Até à presente data, os insetos contemplados no projeto InsectERA incluem *Tenebrio molitor* (TM), *Hermetia illucens* (HI) e *Acheta domesticus* (AD). O presente estudo concentra-se na extração e otimização do óleo de *Hermetia illucens*, com vista à sua incorporação em matrizes alimentares humanas e animais. Estes óleos poderão ainda no futuro ser usados na cosmética ou até mesmo como lubrificantes ou ceras.

A Agenda Mobilizadora InsectERA contribui, assim, para reforçar a competitividade e a resiliência da economia portuguesa, através da colaboração estratégica entre organizações de I&D e operadores do setor.

O presente trabalho consistiu na realização da extração sólido-líquido de óleo de larvas desidratadas da *Hermetia illucens* fornecidas pela Entogreen, que também integra a Agenda InsectERA. Foram usadas técnicas de extração sólido-líquido recorrendo a solventes verdes para a obtenção do óleo de várias amostras de HI (0,5 g), sempre à temperatura ambiente. Com recurso a métodos estatísticos, realizou-se a seleção do melhor solvente verde a usar na extração de óleo a partir da farinha de inseto utilizando técnicas gravimétricas. Selecionou-se ainda o volume e o tempo de contacto ideais para extrações máximas, procedendo-se depois a um scale-up laboratorial (500 g). Os extratos foram caracterizados ao nível da composição lipídica utilizando técnicas clássicas. Por espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) foi possível concluir que o extrato é essencialmente composto por triacilgliceróis (TAGs). Este resultado correlaciona bem com o obtido anteriormente para o TM. O rendimento máximo de extração foi de cerca de 30%, também em linha com o obtido para o TM. Este rendimento revela que se extraiu quase a totalidade do óleo esperado para o HI.

PALAVRAS-CHAVE: ONU, insectERA, *Hermetia illucens*, óleo, extrações sólido-líquido.

Abstract

Over time, efforts to address global challenges have intensified. In this context, the United Nations (UN) defined a set of Sustainable Development Goals (SDGs), among which the fight against hunger stands out. Within the scope of this SDG, several studies have been conducted, some with promising results from a practical perspective, but their market availability remains limited. It is within this context that the InsectERA Mobilizing Agenda fits in.

InsectERA aims to strengthen the interconnection between research and development (R&D) entities and other actors in the agrifood sector, in order to foster accessibility to innovative solutions based on insects and their derivatives. To this end, partnerships have been established with operators such as Auchan and Casa Mendes Gonçalves, in the field of distribution and marketing, as well as with academic institutions and research centers, especially the Universidade Nova de Lisboa and the Universidade de Aveiro.

To date, the insects covered by the InsectERA project include *Tenebrio molitor* (TM), *Hermetia illucens* (HI), and *Acheta domesticus* (AD). This study focuses on the extraction and optimization of *Hermetia illucens* oil, with a view to its incorporation into human and animal food matrices. These oils could also be used in cosmetics or even as lubricants or waxes in the future.

The InsectERA Mobilizing Agenda therefore contributes to strengthening the competitiveness and resilience of the Portuguese economy through strategic collaboration between R&D organizations and industry operators.

This work consisted of performing solid-liquid oil extraction from dehydrated larvae of *Hermetia illucens* supplied by Entogreen, which is also part of the InsectERA Agenda. Solid-liquid extraction techniques using green solvents were employed to obtain oil from several samples of HI (0.5 g), always at room temperature. Using statistical methods, the best green solvent to use in oil extraction from insect meal was selected using gravimetric techniques. The ideal volume and contact time for maximum extractions were also selected, and a laboratory scale-up (500 g) was then performed. The extracts were characterized in terms of lipid composition using classical techniques. Nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy revealed that the extract is essentially composed of triacylglycerols (TAGs). This result correlates well with that previously obtained for TM. The maximum extraction yield was approximately 30%, also in line with that obtained for TM. This yield reveals that almost all the oil expected for HI was extracted.

KEYWORDS: UN, insectERA, *Hermetia illucens*, oil, solid-liquid extractions.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	v
Resumo	vii
Abstract.....	ix
Símbolos e Abreviaturas.....	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Âmbito do Trabalho.....	1
1.2. Agenda Mobilizadora InsectERA.....	3
1.2.1 InsectERA.....	3
1.2.2 Química verde	3
1.2.3 Óleo.....	4
1.3 Extração sólido-líquido.....	4
1.3.1. Método de imersão	5
1.3.2. Método de cristalização	5
1.4. <i>Hermetia illucens</i>.....	6
1.5. <i>Tenebrio molitor</i>.....	8
1.6. <i>Acheta domesticus</i>.....	9
2. PARTE EXPERIMENTAL.....	11
2.1 Materiais e metodologia.....	11
2.1.1 <i>Hermetia illucens</i>	11
2.1.2 Solventes.....	11
2.1.3 Equipamentos.....	12
2.1.4 Preparação da <i>Hermetia illucens</i>	12
2.1.5 Seleção do solvente.....	12
2.1.6 Otimização da extração do óleo da HI	13
2.1.7 Extração do óleo da HI em pequena escala.....	14
2.1.8 Processo de scale-up laboratorial da extração do óleo de HI.....	14
2.1.9 Análise do óleo	14
2.1.10 RMN	15
2.1.11 FTIR.....	15
3. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	17
3.1 Seleção do solvente	17

3.2 Otimização da extração	18
3.3 Extração e Scale-up laboratorial	19
3.4 RMN	21
3.5 FTIR	23
4. CONCLUSÃO.....	25
5. BIBLIOGRAFIA.....	26
Anexo.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. [1]	1
Figura 2 - Parceiros da InsectERA.	2
Figura 3 - Ilustração de uma extração sólido-líquido. A – Solvente; B – soluto; C - mistura/solução; D – resíduo; E – produto desejado dissolvido no solvente; F – solvente recuperado; G – produto extraído.[12].....	4
Figura 4 - Larvas desidratadas de HI fornecidas pela Entogreen (15/5/2025).....	11
Figura 5 - Procedimento da moagem após ter sido realizada a peneiração através do peneiro de 36 mm.....	12
Figura 6 - Representação do rendimento de extração vs. volume de solvente vs. tempo pelo programa ESTATÍSTICA – STATSOFT.	19
Figura 7 – Espectro de ¹ H-RMN do extrato isolado usando iso-propanol como solvente.....	22
Figura 8 – Atribuição dos picos de RMN numa molécula de triacilglicerol.	22
Figura 9 - Análise FTIR.	23
Figura 10 - Imagem da linha de vácuo.	28
Figura 11 - Evaporador rotativo.	28

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Taxonomia da <i>Hermetia illucens</i> [11]	6
Tabela 2 – Taxonomia do <i>Tenebrio molitor</i> [13].....	8
Tabela 3 – Taxonomia do <i>Acheta domesticus</i> [16].....	9
Tabela 4 - Diferentes tipos de solventes orgânicos utilizados na extração.....	11
Tabela 5 - Tabela de otimização teórica	14
Tabela 6 - Seleção do solvente.....	17
Tabela 7 - Resultados da extração realizada com n-hexano.....	18
Tabela 8 - Tabela de otimização prática	18
Tabela 9 - Extração laboratorial (20 g).....	20
Tabela 10 - Scale-up laboratorial (544 g).....	20
Tabela 11 - Atribuição dos números de onda observados aos grupos funcionais	24

Símbolos e Abreviaturas

AD - *Acheta domesticus*

AM - Agenda Mobilizadora

FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia

FT-IR –Especetroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier / Fourier Transform InfraRed Spectroscopy

HI - *Hermetia illucens*

I&D – Investigação e Desenvolvimento / R&D – Research and Development

ONU - Organização das Nações Unidas / UN – United Nations

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável / SDG – Sustainable Development Goals

ppm – partes por milhão

PRR - Plano de Recuperação e Resiliência

RMN – Ressonância Magnética Nuclear/ NMR – Nuclear Magnetic Resonance

TAG – Triacilgliceróis / Triacylglycerols

TM - *Tenebrio molitor*

TMS – Tetrametilsilano

V – Volume

1. INTRODUÇÃO

1.1. Âmbito do Trabalho

Portugal pertence à Organização das Nações Unidas (ONU) devendo por isso contribuir para a obtenção dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos.[1] (Figura 1) Neste trabalho terão relevo os ODS 2 – erradicar a fome, 3 – saúde de qualidade, 8 – trabalho digno e crescimento económico, 9 – indústria, inovação e infraestruturas e 12 – produção e consumo sustentáveis.



Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. [1]

Com o aumento da população mundial existe uma maior dificuldade em controlar os objetivos 2, 3 e 12. Portanto, a indústria alimentar tem tentado desenvolver formas de alimentação mais sustentáveis e com elevado potencial proteico, mas também ricas em lípidos (designadamente em ómeas-3, 6 e 9).[2]

Em Portugal introduziram-se recentemente insetos na alimentação humana, pois estes são na sua maioria edíveis (cerca de 80% para o *Acheta domesticus* [3]). Especificamente, a quantidade de lípidos fornecidos pelos insetos depende da sua alimentação, do estado de

vida, da sua espécie e, do seu género, sendo as fêmeas as que fornecem um maior número de lípidos e proteínas.[4]

Para conseguir manter uma boa produção será necessária a criação de uma indústria, o que levará à criação de novos empregos, estando em linha com os objetivos 8 e 9. Esta área de investigação está neste momento em franca expansão e existem empresas em Portugal dedicadas ao cultivo de insetos. Através do estabelecimento de parcerias entre estas empresas e diversas universidades, institutos politécnicos e institutos de investigação estão a ser feitos avanços nesta área, é exemplo disso o projeto InsectERA (Figura 2).[5]



Figura 2 - Parceiros da InsectERA.

No caso da cultura ocidental existe ainda uma barreira comportamental ao consumo de insetos [3], mas no caso da cultura oriental esta barreira esbate-se, mas existe o problema de nem todos os insetos estarem aptos para o consumo humano, seja pela espécie ou por causa da sua alimentação (e.g. inseticidas), ou ainda por causa do seu microbioma.[6]

Os insetos possuem uma exigência alimentar menor do que o gado em geral, por isso a sua criação acaba por ter uma emissão mais baixa de poluentes.[6] Além disso, os insetos têm mais aplicações que não a alimentação, por exemplo: são uma fonte de quitina, que pode ser usada para tratamento de queimaduras [7], podendo ainda ser usados em casos de estudo clínicos [8].

O presente trabalho insere-se no âmbito da Agenda Mobilizadora (AM) InsectERA que decorre das AMs para a Inovação Empresarial, enquadradas no Plano de Recuperação e Resiliência (PRR). Estas “surgiram com o objetivo de consolidar e expandir sinergias entre o tecido empresarial e o sistema científico e tecnológico em Portugal, contribuindo para o incremento da competitividade e resiliência da economia portuguesa, com base em I&D, na inovação e na diversificação e especialização da estrutura produtiva”. [9]

Na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (NOVA FCT) e, na Universidade de Aveiro, espera-se o desenvolvimento de técnicas sustentáveis de extração de óleos e proteínas, respetivamente, de insetos especificamente destinados ao uso em alimentos. Pretende-se ainda a identificação dos diferentes extratos e purificação de óleo e proteína de *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor* e *Acheta domestica*. Para a extração seletiva, separação e purificação de lípidos e proteínas, será usada uma tecnologia sustentável

baseada em solventes alternativos mais verdes (ponderando a utilização de líquidos iônicos e sistemas eutécticos). Neste contexto, a seleção adequada dos solventes e processos de extração será crucial para alcançar uma valorização eficiente da biomassa de insetos. Esta tecnologia será otimizada em laboratório permitindo um aumento de escala.

1.2. Agenda Mobilizadora InsectERA

1.2.1 InsectERA

A InsectERA é uma agência mobilizadora criada em Portugal para promover a ligação entre o sistema de I&D existente na área dos insetos e o mercado para dessa forma adicionar valor ao produto que vai ser comercializado e facilitar a sua disponibilidade no mercado. A InsectERA insere-se na utilização de insetos para alimentação em Portugal e possivelmente no ocidente com a possibilidade de expansão dependendo do resultado da investigação e da abertura das pessoas aos produtos.[9]

1.2.2 Química verde

O conceito de química verde foi introduzido no início dos anos 1990 e foi-se desenvolvendo até aos dias de hoje para acompanhar as mudanças tecnológicas. [10]

Este trabalho foi desenvolvido tendo em conta 12 princípios:

- 1º Prevenção – É melhor prevenir desperdícios que tratar ou limpá-los depois de formados.
- 2º Economia atômica – Utilização de métodos de síntese que maximizem a incorporação da matéria-prima no produto final.
- 3º Síntese – Sempre que possível, métodos de síntese devem ser designados de modo a criar nenhum ou mínimo perigo para a saúde do ambiente e humana.
- 4º Químicos não tóxicos – devem ser usados produtos químicos que mantenham o máximo de eficiência e com a menor toxicidade.
- 5º Solventes não tóxicos – As substâncias auxiliares não devem ser usadas sempre que possível e quando usadas devem ser não tóxicas.
- 6º Energia – Sempre que possível os métodos de síntese devem ser realizados a temperatura e pressão ambiente.
- 7º Materiais renováveis – As matérias-primas devem ser de origem renovável sempre que possível.

8º Derivados – A derivação desnecessária deve ser minimizada ou evitada se possível pois estes passos requerem o uso de reagentes adicionais criando desperdícios.

9º Catálise – O catalisador tem de estar em maior quantidade que os reagentes estequiométricos.

10º Biodegradação – Os produtos químicos devem ser desenhados de forma que no fim das suas funções se quebrem de modo a não persistir no ambiente.

11º Análise – Desenvolvimento de técnicas que possibilitem a monitorização do processo em tempo real para poder prevenir a formação de substâncias secundárias.

12º Prevenção de acidentes – As substâncias e a forma das substâncias no processo químico devem ser escolhidas de modo a diminuir acidentes, fugas, explosões e fogos.

1.2.3. Óleo

É a designação química de várias substâncias, líquidas à temperatura ambiente, gordurosas e inflamáveis, de origem vegetal, animal ou mineral.[11]

Óleos são na sua maioria constituídos por lípidos podendo ter diferenças na sua constituição pela presença de diferentes concentrações de ácidos lipídicos como de outros componentes.

1.3 Extração sólido-líquido

Na Figura 3 é possível ver uma representação por cores de uma extração sólido-líquido. [12]

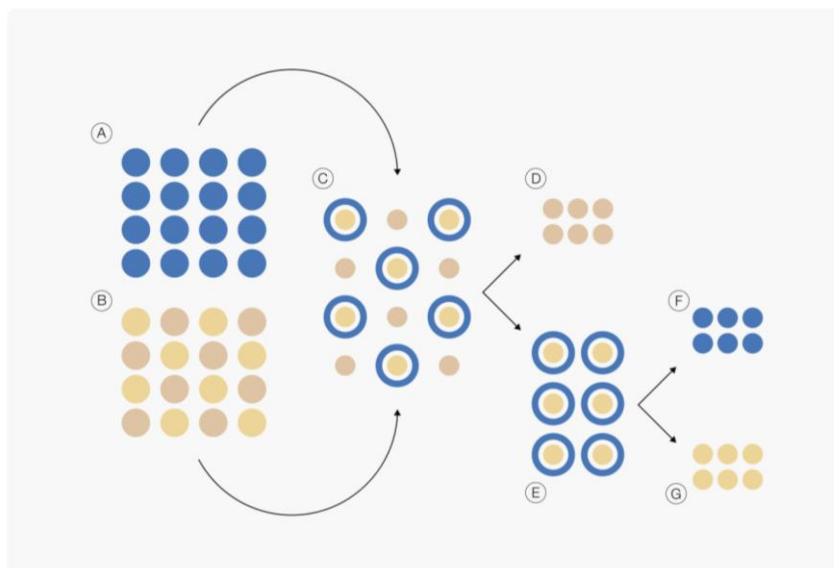


Figura 3 - Ilustração de uma extração sólido-líquido. A – Solvente; B – soluto; C - mistura/solução; D – resíduo; E – produto desejado dissolvido no solvente; F – solvente recuperado; G – produto extraído.[12]

A extração contínua sólido-líquido é um método utilizado na purificação e separação dos componentes de uma mistura. A partir deste método é possível isolar um componente a partir de uma mistura, através da separação deste componente dos outros constituintes.[13]

A técnica usada neste trabalho foi um conjunto do método de imersão e cristalização. O método de imersão para se retirar o óleo da farinha de HI com o solvente e o método de cristalização para retirar o óleo do solvente.[14]

1.3.1. Método de imersão

É um método para dissolver fitoquímicos com solventes apropriados à temperatura ambiente ou a baixas temperaturas (<80°C). É adequado para extrair fitoquímicos que se degradam facilmente a altas temperaturas. Primeiramente, o pó ou pedaços da planta devem ser colocados num recipiente adequado e, de seguida, são adicionados os solventes apropriados (água, etanol, etanol aquoso, etc.) para imersão do material durante o tempo determinado. A agitação intermitente durante o processo pode acelerar a taxa de dissolução. O método de imersão é simples, mas pouco eficiente, e a taxa de extração também é baixa.

1.3.2. Método de cristalização

A cristalização é o processo de precipitação de solutos a partir de uma solução de componentes complexos, sendo um método eficaz para preparar substâncias puras. A cristalização inicial resulta geralmente em impurezas e necessita de uma nova cristalização, denominada recristalização. Trata-se de um método para separar compostos de uma mistura, utilizando a diferença de solubilidade de cada componente no solvente.

Não é esperado que esta técnica seja a mesma usada a nível industrial pois existem muito mais considerações a ter a esse nível, mas é um bom princípio para ter conhecimento do nível de extração possível, e as condições que se está disposto a modificar para se obter um melhor rendimento.[15]

1.4. *Hermetia illucens*

Taxonomia

Na Tabela 1 apresenta-se a taxonomia da *Hermetia illucens*. [16]

Tabela 1 – Taxonomia da *Hermetia illucens* [16]

Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Género	Espécies
<i>Animalia</i>	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	<i>Hermetia</i>	<i>Hermetia Illucens</i>

Vida e factos

A mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) apresenta atividade predominantemente diurna, concentrando a reprodução e a oviposição no período de maior intensidade luminosa. Durante a noite, os indivíduos permanecem inativos. A disponibilidade de luz exerce ainda forte influência na sua fertilidade, sendo a capacidade reprodutiva significativamente reduzida na sua ausência.

Enquanto adultos, estas espécies deixam de ingerir alimento sólido, sustentando-se unicamente pelas reservas lipídicas acumuladas na fase larvar. Contudo, mantêm um sistema olfativo apurado, que lhes permite detetar locais de matéria em decomposição — o substrato preferencial para a deposição de ovos.

A reprodução da mosca-soldado-negra é mediada por estímulos ambientais visuais, tácteis e químicos. A presença de luz não só regula a atividade reprodutiva, como lhes confere a capacidade de reconhecer outras espécies e distinguir os potenciais parceiros. Observações efetuadas em áreas de transição entre habitat florestal e zonas agrárias revelaram que cerca de 91 % dos exemplares capturados junto às margens florestais eram machos, em busca de território para cortejar fêmeas, enquanto aproximadamente 91 % dos insetos recolhidos nas imediações de explorações agrícolas eram fêmeas, procurando fendas ou cavidades para depositar os ovos.

Do ponto de vista ecológico, a mosca-soldado-negra distingue-se de outros dípteros detritívoros pela sua preferência por estádios avançados de decomposição, caracterizados por menor teor de humidade. Para a transição larva-pupa, as larvas requerem abrigos protegidos da humidade excessiva; na falta de alimento suficiente, podem suspender prematuramente o desenvolvimento, iniciando a fase pupa antes de atingirem o tamanho ótimo.

Este conjunto de características torna a *Hermetia illucens* particularmente interessante para aplicações na valorização de resíduos orgânicos e na produção de biomassa de alto valor nutricional, reforçando o seu potencial na economia circular e na sustentabilidade agrícola.[17]

Fertilizante orgânico derivado da *Hermetia illucens*

É um fertilizante orgânico de origem, rico em matéria orgânica e nutrientes essenciais para o crescimento das plantas e para a manutenção da fertilidade dos solos agrícolas. A presença de quitina proporciona o aumento da diversidade de fungos e bactérias benéficas ao solo, enquanto contribui para a defesa e crescimento das plantas.

Este é um fertilizante orgânico que vai ao encontro das melhores práticas agrícolas sustentáveis e dos princípios da agricultura regenerativa. Devido à sua complexidade, existe uma sinergia entre os nutrientes presentes no fertilizante, o solo e a planta, trazendo benefícios e resiliência às culturas ao stress abiótico, como seca, salinidade e temperaturas extremas.[18]

Proteína animal transformada

Farinha desengordurada obtida por extração de larvas de HI proporciona um efeito benéfico na microbiota intestinal. Farinha altamente digerível e com bom equilíbrio de aminoácidos destinada à alimentação de animais de aquacultura, *PET food*, aves de capoeira e suínos.

A farinha de inseto é uma fonte proteica alternativa de alta qualidade que se destaca pela presença de péptidos antimicrobianos, considerados como os antibióticos naturais, e de quitina, um pré-biótico na alimentação animal, promovendo o aumento de bactérias benéficas e a diminuição de outras bactérias prejudiciais para os animais.[18]

1.5. *Tenebrio molitor*

Taxonomia

Na Tabela 2 apresenta-se a taxonomia do *Tenebrio molitor*. [19]

Tabela 2 – Taxonomia do *Tenebrio molitor* [19]

Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Género	Espécies
<i>Animalia</i>	<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Tenebrionidea</i>	<i>Tenebrio</i>	<i>Tenebrio molitor</i>

Factos

O *Tenebrio molitor*, também conhecido como Larva-da-farinha, é um inseto amplamente utilizado na alimentação de animais, tanto na sua forma larvar como na fase adulta. A sua dieta é baseada principalmente em farinha, e a água necessária para a sua sobrevivência é obtida através da ingestão de frutas e vegetais frescos. Este inseto é geralmente mais ativo durante a noite, o que o classifica como uma espécie noturna. Entre os seus predadores naturais, destacam-se os pássaros e répteis, que frequentemente o caçam tanto em ambientes naturais como em cativeiro. Existe também uma variante conhecida como TM gigante, que pertence à mesma espécie do *Tenebrio molitor* comum. A diferença está no facto de o seu crescimento ter sido forçado através da administração de hormonas, que retardam a sua transição para a fase de pupa, permitindo-lhe atingir maiores dimensões. Uma característica notável do *Tenebrio molitor* é a sua capacidade de digerir entre 30 e 39 miligramas de poliestireno por dia, o que tem despertado interesse em estudos relacionados com o tratamento de resíduos plásticos.[20]

Vida

O ciclo da vida do TM tem 4 fases: ovo, larva, pupa e forma adulta.

As larvas do TM demoram de 3 a 9 dias a sair dos ovos e ficam nesse estado por 57 dias até 2 anos se forem submetidas a baixas temperaturas. Depois da larva entrar na fase de pupa esta tem um tempo de 5 a 48 dias dependendo da temperatura e durante esse tempo a pupa não come e desenvolve um exosqueleto mais rígido. Quando o organismo adulto emerge vive por 2 a 3 meses. [21]

1.6. *Acheta domesticus*

Taxonomia

Na Tabela 3 apresenta-se a taxonomia do *Acheta domesticus*. [22]

Tabela 3 – Taxonomia do *Acheta domesticus* [22]

Reino	Filo	Classe	Ordem	Família	Género	Espécies
<i>Animalia</i>	<i>Arthtopoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>orthoptera</i>	<i>Gryllidae</i>	<i>acheta</i>	<i>Acheta domesticus</i>

Factos

Entre os principais predadores do *Acheta domesticus* encontram-se aranhas, sapos, répteis, aves, pequenos mamíferos e outros insetos. O seu desenvolvimento é altamente sensível à temperatura, sendo que mesmo pequenas variações podem provocar grandes diferenças no ciclo de vida. Por exemplo, um aumento contínuo de apenas 0,5 °C, de 30,5 para 31,0 ± 0,5 °C, ao longo de várias semanas, pode encurtar o ciclo de vida em cerca de 10 dias. Devido a esta elevada suscetibilidade, o *Acheta domesticus* depende fortemente de condições térmicas estáveis para completar o seu desenvolvimento.[23]

Este inseto também pode causar reações alérgicas em pessoas sensíveis a crustáceos, uma vez que partilha proteínas semelhantes. Além disso, a digestão incompleta dessas proteínas pode agravar a intensidade da reação alérgica.[24]

Vida

Os ovos de *Acheta domesticus* começam a eclodir cerca de 13 dias após a oviposição quando mantidos a 30,5 °C. A uma temperatura de 30 ± 0,5 °C, machos e fêmeas demoram aproximadamente 45 dias desde a eclosão até à muda final, passando geralmente por 7 a 9 instares. As fêmeas adultas apresentam uma longevidade média de 70 dias, enquanto alguns machos podem sobreviver até 90 dias. No entanto, abaixo dos 27 °C o crescimento torna-se muito lento e a taxa de mortalidade dos grilos aumenta, por razões ainda não totalmente esclarecidas.[23]

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Materiais e metodologia

2.1.1 *Hermetia illucens*

A larva HI foi-nos fornecida pela Entogreen já desidratada (Figura 4), na forma larvar avançada próxima da transformação em pupa, onde as larvas se encontram com massa máxima.



Figura 4 - Larvas desidratadas de HI fornecidas pela Entogreen (15/5/2025).

2.1.2 Solventes

A água usada foi purificada através de um sistema de osmose inversa e tratada através de um equipamento Diwer Technologies, tendo-se obtido uma condutividade de 1,35 μ S.

Os solventes orgânicos utilizados durante o presente trabalho são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Diferentes tipos de solventes orgânicos utilizados na extração

Marca	Tipo de solvente	Pureza (%)
Carlo erba reagents	Acetona	99,5
Carlo erba reagents	Etanol	96
Honeywell	Iso-propanol	99,8
Carlo erba reagents	Acetato de etilo	99,5
Carlo erba reagents	Metanol	99,98
Carlo erba reagents	n-Hexano	95

2.1.3 Equipamentos

Para a realização da separação do óleo do solvente foi utilizado um evaporador rotativo (Vacuum Pump V-700, Büchi, Switzerland) com uma pressão de 70-150 mbar, com o banho a uma temperatura de 40 °C, quando já não havia mais solvente livre passou-se para uma linha de vácuo (Bomba Edwards 8 two stages, com uma trap integrada arrefecida com azoto líquido).

2.1.4 Preparação da *Hermetia illucens*

Como a larva fornecida pela Entogreen se encontrava inteira e misturada com substrato de crescimento (bagaço de azeitona) e alguns dejetos, foi realizada uma separação das larvas destas substâncias através de um peneiro de 36 mm. Foi também necessário proceder à moagem das larvas como forma de aumentar a área de contacto da larva para que se obtivesse uma melhor extração (Figura 5).



Figura 5 - Procedimento da moagem após ter sido realizada a peneiração através do peneiro de 36 mm.

2.1.5 Seleção do solvente

Para o processo de seleção do solvente para a extração de óleos de HI foi necessário a realização da extração utilizando vários solventes verdes, para aferir qual promoveria melhor rendimento de extração: água ultrapura; acetona; etanol; iso-propanol; acetato de etilo; metanol; hexano. A temperatura ambiente 20-30 °C, foi a temperatura selecionada inicialmente para verificar se ocorria extração. Como ocorreu e o rendimento ficou muito

próximo do máximo de óleo possível de extrair já não se equacionou a utilização de temperatura.

Para cada solvente foi preparado um vial com 0,5 g de farinha de HI desidratada onde se juntou o solvente, seguido de uma agitação de 30 min, após uma pausa de 5 min, foi realizada uma filtração com filtros de PTFE hidrofóbico 0,22 µm, para um novo vial, onde foi feita a evaporação ao ar por 24 horas à temperatura ambiente, e uma secagem numa linha de vácuo. Quando as 24h não foram suficientes para a evaporação usou-se uma placa de aquecimento a 60 °C seguida da secagem na linha.

Para o cálculo do rendimento de extração (Y%) e da solubilidade (mg_{HI}/g_{solvente}) da farinha de HI usaram-se as expressões indicadas em seguida:

$$Y\% = \left(\frac{\text{massa do óleo extraído}}{\text{massa da farinha de HI desidratada}} \right) * 100$$

$$\text{solubilidade} = \left(\frac{\text{massa do óleo extraído} * 1000}{\text{massa do solvente}} \right)$$

2.1.6 Otimização da extração do óleo da HI

Para realizar a otimização da quantidade de extrato obtido usou-se a análise fatorial. São recorrentemente usados 3 fatores e 2 níveis, mas neste trabalho foram usados 2¹ (2 fatores e 1 nível), pois apenas foi estudado o efeito da variação do volume de solvente e do tempo de contacto com a farinha, visto que apenas se usou a temperatura ambiente e esta não entrou como fator. Após a seleção do solvente foi necessário otimizar a extração para diminuir os desperdícios e aumentar a eficiência da extração para respeitar os padrões da química verde. Assim, foi realizada a extração com iso-propanol mudando os parâmetros tempo de contacto e volume de solvente de forma a otimizar a extração.

Para isso foram feitas mais 11 extrações com o solvente selecionado mudando outras variáveis como tempo de contacto, e volume de solvente de acordo com dados fornecidos pelo programa “ESTATÍSTICA 12 – STATSOFT” (Tabela 5).

Tabela 5 - Tabela de otimização teórica

Tempo (min)	15	45	15	45	4,8	55,2	30	30	30	30	30
V_{solvente} (mL)	5	5	15	15	10	10	1,6	18,4	10	10	10

2.1.7 Extração do óleo da HI em pequena escala

A extração do óleo de *Hermetia illucens* (HI) foi realizada à temperatura ambiente, utilizando o solvente mais adequado, numa proporção de 20 g de farinha da larva para 363 mL de solvente. A extração foi conduzida através de um funil de placa filtrante de vidro de 1 L, porosidade 5 (Witeg). Posteriormente, o solvente presente no extrato foi removido num evaporador rotativo (Vacuum Pump V-700, Büchi, Switzerland), seguido de uma etapa de secagem adicional com o auxílio de uma linha de vácuo, até à obtenção do peso final.

2.1.8 Processo de scale-up laboratorial da extração do óleo de HI

A extração do óleo de HI foi realizada à temperatura ambiente com o solvente mais apropriado com 2 L de solvente para 544 g de farinha da larva de HI com extração para evitar gastos muito elevados de solvente. A extração foi realizada através de um funil de placa filtrante de vidro de 1 L porosidade 5 (Witeg), de seguida seco com um evaporador rotativo (Vacuum Pump V-700, Büchi Switzerland) com auxílio da linha de vácuo, de modo a permitir a obtenção do peso final.

2.1.9 Análise do óleo

Após a realização da extração do óleo foi realizada uma análise ao mesmo para se entender melhor a sua composição.

O óleo da larva desidratada da *Hermetia illucens* apresentou-se amarelo, com cheiro característico e foi caracterizado como ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃): δ 5,27 (3 H, m, —HC=CH—), δ 5,19 (1 H, m, —CHO_{Gly}—), δ 4,15 (4 H, dd dd, CH₂O_{Gly}—), δ 2,70 (1 H, t, —HC=CH—CH₂—CH=CH—), δ 2,24 (6 H, t, —CH₂COO), δ 1,95 (5 H, m, Allylic CH₂), δ 1,54 (6 H, m, —CH₂COO—CH₂—(CH₂)_n), δ 1,23 (12 H, s, —(CH₂)_n—CH₂—CH₃), δ 1,19 (44 H, s, —(CH₂)_n—), δ 0,81 (9 H, m, —CH₃) ppm.

2.1.10 RMN

A Ressonância Magnética Nuclear (RMN) é uma técnica não destrutiva extremamente importante para a obtenção de informação estrutural, físico-química e eletrônica no estado sólido ou líquido. Para além de informação acerca da estrutura molecular esta técnica permite também obter informação acerca de dinâmica molecular.[25] Em química, é amplamente utilizada para análises qualitativas e quantitativas, para monitorizar reações, identificar estruturas e avaliar a pureza.

2.1.11 FTIR

A Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR, do inglês Fourier Transform Infrared Spectroscopy) é uma técnica analítica utilizada para obter um espectro de absorção quando se analisa uma amostra, que pode ser sólida, líquida ou gasosa. O FTIR é um teste não destrutivo, pois mede simplesmente a quantidade de luz absorvida por uma amostra, dependendo do comprimento de onda da luz infravermelha incidente.[26]

3. ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 Seleção do solvente

Como referido anteriormente para a realização da seleção dos solventes foi necessário retirar uma pequena amostra da farinha e fazer a extração dessa amostra com cada um dos solventes e registar os resultados (Tabela 6).

Tabela 6 - Seleção do solvente

	Água ultrapura	Acetona	Etanol	Iso-propanol	Acetato de etilo	Metanol
Extração (%)	5,75	27,24	12,92	27,04	27,78	6,35
Solubilidade (mg_{soluto}/g_{solvente})	5,77	34,74	16,30	34,55	30,96	8,02

Dos solventes selecionados é possível verificar que o acetato de etilo mostrou a melhor capacidade de extração (27,78%), mas como não possui o valor mais elevado de solubilidade (30,96 mg_{soluto}/g_{solvente}) iria ser necessário um maior volume quando se avançasse para um scale-up. A acetona, apesar de ter a segunda melhor capacidade de extração (27,24%) e uma boa solubilidade (34,74 mg_{soluto}/g_{solvente}) não é tão estável à temperatura ambiente (é mais volátil e inflamável libertando vapores que são prejudiciais a saúde) como o iso-propanol (terceiro na capacidade de extração 27,04% e com uma solubilidade ao nível da acetona). Por isso e, porque a acetona não é considerada segura para fins alimentares, foi escolhido o iso-propanol.

Como verificação do método de extração utilizado e, para garantir que estava a extrair o máximo possível, foi realizada uma extração com o *n*-hexano, um solvente não verde. (Tabela 7)

Tabela 7 - Resultados da extração realizada com n-hexano

	n-hexano
Extração (%)	28,96
Solubilidade (mg_{soluto}/g_{solvente})	43,956

Assim foi possível concluir que o solvente iso-propanol é um bom solvente para este método.

No fim, como se destina a um produto com objetivo final o consumo humano, foi necessário fazer uma análise de ressonância magnética nuclear para saber quais os ácidos gordos associados ao óleo, como também garantir que com este tipo de técnica não existe solvente no produto final.

3.2 Otimização da extração

Após a identificação do solvente com maior extração e potencial para ser usado no mercado, foi necessário realizar um estudo de modo a se perceber qual é o melhor rácio entre as variáveis soluto, solvente, tempo para que houvesse a maior extração possível. Seguindo as instruções dadas pelo programa “ESTATÍSTICA 12 – STATSOFT”: com o seguinte resultado (Tabela 8).

Tabela 8 - Tabela de otimização prática

	Tempo (min)	V_{solvente} (mL)	Extração (%)
1	15	5,07	22,94
2	45	4,94	25,56
3	15	14,95	29,30
4	45	14,92	27,89
6	4,8	10,09	21,40
7	55,2	9,89	28,46
8	30	1,64	7,16
9	30	18,17	30,30
10	30	10,00	27,78
11	30	9,92	27,91
12	30	9,90	26,79

De acordo com a estudo realizado é possível verificar que o ponto 9 é o ponto no qual se obteve a maior extração (Tabela 8) e que, no ponto 3 com menos solvente e metade do tempo,

é possível ter uma extração próxima da desejada. Por isso escolheu-se o ponto 9, pois assim é possível ter certeza que a extração efetuada é sempre máxima. Através do programa “ESTATÍSTICA 12 – STATSOFT” foi possível criar um gráfico da Tabela 8 onde se pode verificar que os pontos mais elevados do gráfico correspondem aos pontos 3 e 9 (Figura 6).

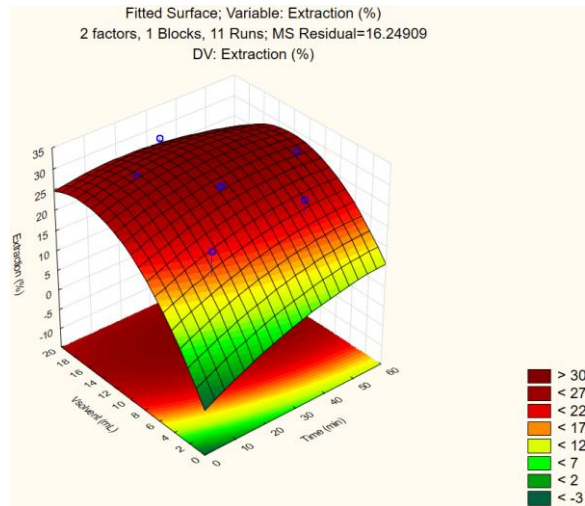


Figura 6 - Representação do rendimento de extração vs. volume de solvente vs. tempo pelo programa ESTATÍSTICA – STATSOFT.

Como se pretendeu enviar amostras em maior escala para a empresa Mendes Gonçalves poder formular molhos usando como base o óleo de HI extraído, o último passo deste trabalho consistiu em fazer extração dos óleos a uma escala intermédia para garantir que não haveria uma perda muito grande da percentagem de extração.

3.3 Extração e Scale-up laboratorial

Durante o scale-up laboratorial pôde-se verificar uma diminuição da eficiência na primeira extração (Tabela 9), apesar de não ter sido uma diminuição muito significativa é possível estimar que será necessário mais de uma extração para se obter uma percentagem próxima à pequena escala.

Tabela 9 - Extração laboratorial (20 g)

	1ª extração	2ª extração
Massa inicial – copo de precipitação (g)	169,67	
Tempo de contacto (min)	30	
Massa da farinha de HI desidratada (g)	20,44	
Volume de Iso-Propanol (mL)	363,4	
Massa do balão (g)	180,3	55,34
Massa do balão + farinha seca (g)	185,63	56,37
Óleo (g)	5,33	1,03
Extração (%)	26,08	5,04
Total extraído (%)	31,12	

Para a continuação do trabalho foi feita ainda mais um aumento na escala (Tabela 10) para se poder perceber melhor as mudanças na eficiência da extração.

Tabela 10 - Scale-up laboratorial (544 g)

	1ª extração	2ª extração
Massa inicial – copo de precipitação (g)	169,67	
Tempo de contacto (h)	1	
Massa da farinha de HI desidratada (g)	544,4	
Volume de Iso-Propanol (L)	2	1 ®
Massa do balão (g)	390,19	306,68
Massa do balão + farinha seca (g)	480,16	361,15
Óleo (g)	89,97	58,52
Extração (%)	16,53	10,75
Total extraído (%)	27,28	

® - Reutilizado.

Para o segundo aumento de escala houve uma perda significativa na extração, por isso foi feita uma segunda extração com o solvente recuperado através de um evaporador rotativo obtendo-se uma extração de 27,28% dos 30% pretendidos. Com uma extração de 27% foi possível verificar que a nível industrial iria ser necessário um sistema de recirculação pois de outra forma os gastos seriam muito altos. Para além da perda significativa na eficiência na extração também foi possível verificar a formação de camadas de depósitos brancos nas paredes dos balões usados aquando da extração. Estes depósitos foram separados, lavados com iso-propanol, secos e depois analisados por 1H RMN resultando num espetro igual ao dos restantes extratos. Os espetros revelam ressonâncias típicas de moléculas de triacilglicerol, sendo que os depósitos podem conter mais moléculas saturadas do que insaturadas, que têm maior propensão para solidificar à temperatura ambiente. Os ácidos gordos que compõem as cadeias laterais do triacilglicerol podem ser saturados, monoinsaturados e diinsaturados, sendo que estes dois últimos podem dobrar-se no espaço (têm maior dinâmica molecular) graças às insaturações o que os leva a manterem-se mais líquidos à temperatura ambiente.

Foi feita ainda uma tentativa de cristalização dos extratos que resultaram a baixa temperatura (~15 °C). Infelizmente não foi possível fazer a leitura dos cristais obtidos, por difração de raios-X de cristal único, porque o equipamento se encontrava com a linha de transferência de azoto líquido avariada e, sem esta não era possível manter a temperatura baixa para conservação dos cristais.

3.4 RMN

É uma técnica não destrutiva que possibilita a leitura da estrutura da molécula em trabalho, como também é possível descobrir contaminações no trabalho através da presença de elementos estranhos à molécula.

As atribuições de picos de RMN são baseadas na integração e multiplicidade de picos.

Os espectros de RMN de ^1H utilizados para a caracterização foram registados num Bruker Avance II+ 400 (1H a 400,13 MHz) com o espectrómetro a uma temperatura de sonda de 293 ± 2 K. Os desvios químicos (δ) são apresentados em partes por milhão em relação ao tetrametilsilano (TMS) utilizado como referência interna para os espectros de RMN de ^1H em CDCl_3 . (Figura 7).

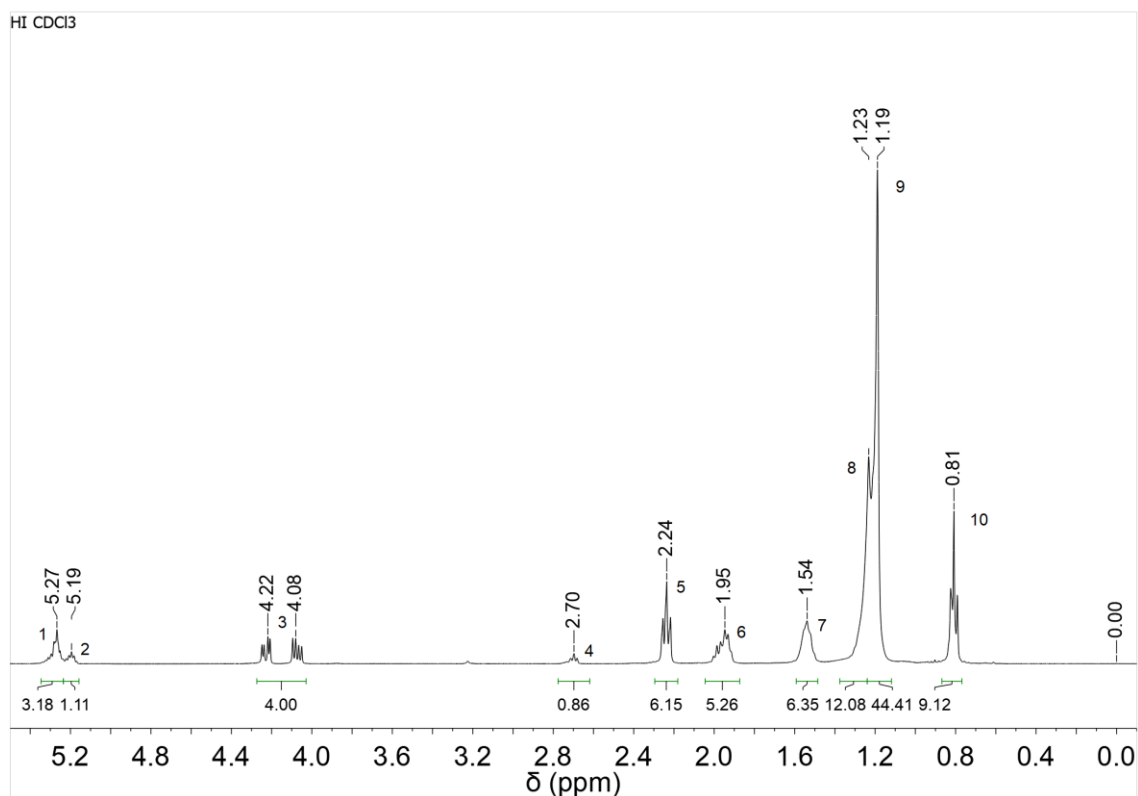


Figura 7 – Espetro de ¹H-RMN do extrato isolado usando iso-propanol como solvente.

Apos o estudo do Espetro de ¹H-RMN (Figura 7) foi realizada uma ilustração com os valores apresentados para que fosse claro a molécula em estudo. (Figura 8)

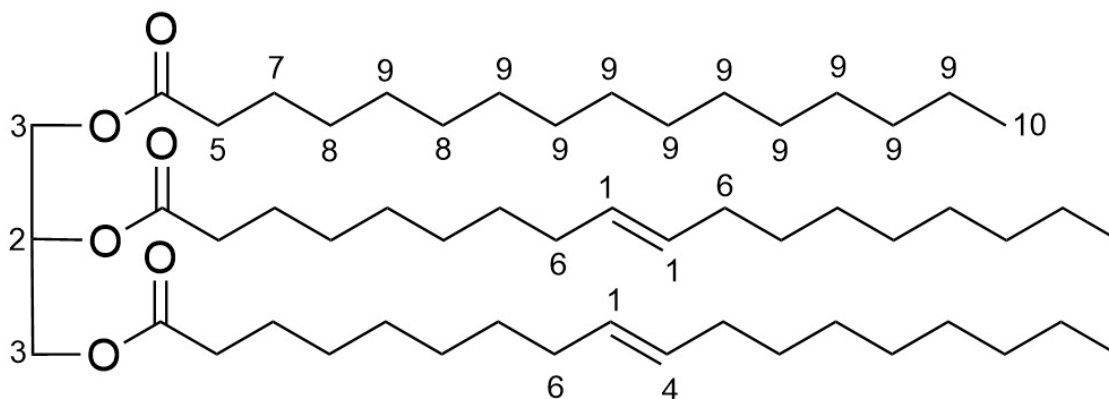


Figura 8 – Atribuição dos picos de RMN numa molécula de triacilglicerol.

3.5 FTIR

Para a realização da análise FTIR foi retirada uma pequena fração do extrato de HI que foi colocada no aparelho de ATF-FTIR (Figura 9). Foi feito para ficar com a “fingerprint” do extrato.

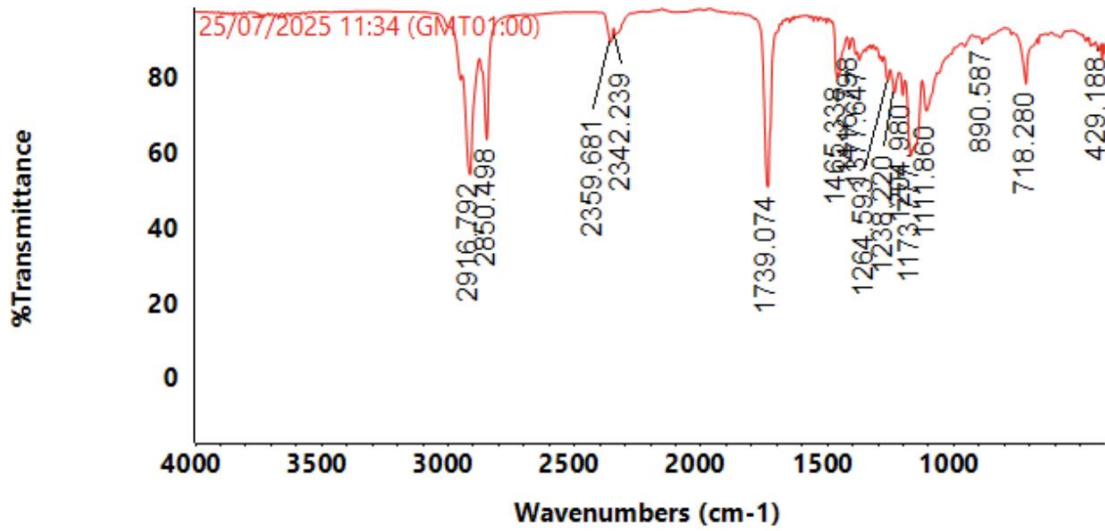


Figura 9 - Análise FTIR.

Tabela 11 - Atribuição dos números de onda observados aos grupos funcionais

Números de onda	Grupo funcional
429,188	-
718,280	-
890,587	-
1111,860	-C-O
1173,777	-C-O
1204,980	-C-O
1238,220	-C-O
1264,593	-C-O
1377,647	-H-O -
1416,798	-H-O
1465,338	-C-H
1739,074	-C-O Aldeído
2342,239	-O=C=O
2359,681	-O=C=O
2850,498	-C-H
2916,792	-C-H

4. CONCLUSÃO

Com o aumento da consciencialização social relativamente à pobreza e à fome, especialmente face ao crescimento das notícias de conflitos armados, tornou-se necessária uma expansão na indústria ocidental de forma a garantir um melhor acolhimento das populações, evitando a escassez de alimentos. Para tal, foi essencial investigar e desenvolver novas fontes alimentares capazes de fornecer nutrientes adequados. Os insetos, pela sua elevada disponibilidade e diversidade, surgiram como uma alternativa promissora e sustentável para a nutrição humana e animal.

O presente trabalho tem como objetivo a exploração de alguns benefícios que os insetos podem oferecer, nomeadamente a *Hermetia illucens* através da extração de óleos. Para isso, foi avaliada a viabilidade do método de extração sólido-líquido, utilizando solventes verdes e operando à temperatura ambiente (293 ± 5 K), aplicado ao óleo de *Hermetia illucens* a partir de larvas desidratadas. Os resultados demonstraram que é possível obter uma taxa de extração máxima de cerca de 30 %, com elevado grau de pureza, confirmado por análises de RMN e FTIR. O óleo extraído por Iso-propanol apresenta uma coloração amarelada a esverdeada e é constituído maioritariamente por triacilgliceróis, quando realizada a extração em maior escala há que ter em consideração a diminuição da percentagem de extração, como também a possibilidade da formação de ceras.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] - <https://unric.org/pt/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel/> (27/02/2025).
- [2] - Gonçalves, C., Chavez, K., Jorge, R. (2022). Entomofagia – consumo atual e potencial de futuro. *Acta Portuguesa de Nutrição*, 29. 76–81 <https://doi.org/10.21011/apn.2022.2913>.
- [3] - Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. FAO Forestry Paper. E-ISBN 978-92-5-107596-8.
- [4] - Aguilar, J.G. dos S. (2021). An overview of lipids from insects. In *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* (Vol. 33). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101967>
- [5] - <https://www.insectERA.pt/entidades-parceiras/> (27/02/2025).
- [6] - Cardoso, D.N., Silva, A.R.R., Morgado, R.G., Mostafaie, A., Pereira, A., Pinto, J., Lopes, I.G., Murta, D., Soares, A.M.V.M., Brooks, B.W., Loureiro S. (2023), *ACS Food Sci. Tech.* 3, 790-798, <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00051>.
- [7] - <https://angelicapimenta.com.br/glossario/o-que-e-quitina/#:~:text=Ela%20pode%20ser%20usada%20no%20tratamento%20de%20feridas%2C,quitina%20tamb%C3%A9m%20%C3%A9%20ben%C3%A9fica%20para%20o%20meio%20ambiente>. (4/3/2025).
- [8] - Adamski, Z., Bufo, S.A., Chowański, S., Falabella, P., Lubawy, J., Marciniak, P., Rosiński, G. (2019). Beetles as model organisms in physiological, biomedical and environmental studies—a review. *Frontiers in Physiology*, 10, 319, <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00319>.
- [9] - <https://www.insectERA.pt/> (9/9/25).
- [10] - A. Paul and E. Nicolas, (2009) *Green Chemistry: Principles and Practice*, The Royal Society of Chemistry 2010, DOI: 10.1039/b918763b.
- [11] - <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/%C3%B3leo> (9/9/25).
- [12] - [Extração | Buchi.com](https://www.buchi.com) <https://www.buchi.com/pt/knowledge/tecnologias/extracao> - imagem da extração sólido líquido (9/4/2025).
- [13] - www2.uff.br/quimica/files/2018/03/Aula-6-Extração-Contínua-Sólido-Líquido-4.pdf 24/9/2025.
- [14] – W. Feng, M. Li, Z. Hao, and J. Zhang. (2019). *Analytical Methods of Isolation and Identification*. Intechopen, DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.88122>
- [15] - L. Philip, J., W. Jessy Van. (2016). *Introduction to Extraction in Food Processing*. Cape Peninsula University of Technology.

- [16] - *Hermetia illucens* • Naturdata - Biodiversidade em Portugal (31/3/2025).
- [17] - https://animaldiversity.org/accounts/Hermetia_illucens/ (8/9/2025).
- [28] - <https://www.entogreen.com/produtos/> (28/11/25)
- [19] - Taxonomy browser Taxonomy Browser (*Tenebrio molitor*) (24/09/2025).
- [20] - Mealworm Beetle Insect Facts - *Tenebrio molitor* - A-Z Animals (TM1).
- [21] - Muñoz-Seijas, N., Fernandes, H., López-Periago, J., Outeiriño, D., Morán-Aguilar, M., Domínguez, J., Salgado, J. (2024), Characterization of all life stages of *Tenebrio molitor*: Envisioning innovative applications for this edible insect, *Future Foods*, Volume 10, 100404, ISSN 2666-8335, <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100404>.
- [22] - <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=6997> (9/9/25).
- [23] - Clifford, C.W., Roe, R.M., Woodring, J.P. (1977). Rearing methods for obtaining house crickets, *Acheta domesticus*, of known age, sex, and instar. *Annals of the Entomological Society of America*, 70(1), 69-74.
- [24] - De Marchi, L., Mainente, F., Leonardi, M., Scheurer, S., Wangorsch, A., Mahler, V., Pilolli, R., Sorio, D., Zoccatelli, G. (2021). Allergenicity assessment of the edible cricket *Acheta domesticus* in terms of thermal and gastrointestinal processing and IgE cross-reactivity with shrimp. *Food Chemistry*, 359, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129878>.
- [25] - Ressonância Magnética Nuclear | Departamento de Química (29/9/25).
- [26] - https://filab.fr/en/our-technical-resources/laboratory-analysis-ftir-spectroscopy/?gad_source=1&gad_campaignid=21882667140&gclid=Cj0KCQjw8eTFBhCXARIsAlkiuOxPvJtyRGAAmxyVca9aB2OhsTKPMSqeqqEJCLOQINT7nSsszmNkR6QaAs95EALw_wcB (9/9/25).

Anexo

PROGRAMA

- ESTATÍSTICA. – STATSOFT



- MESTRENOVA – MESTRE LAB RESEARCH

EQUIPAMENTO

LINHA DE VÁCUO



Figura 10 - Imagem da linha de vácuo.

EVAPORADOR ROTATIVO



Figura 11 - Evaporador rotativo.