

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

ZOOTECNIA

Efeitos da Farinha de *Tenébrio molitor* Sobre os Parâmetros Hepáticos de Camundongos
Obesos Induzidos por Dieta Hiperlipídica

Larissa Cristiane Pereira Arruda



LarissaCristianePereiraArruda

**EFEITOS DA FARINHA DE *Tenebrio molitor* SOBRE OS PARÂMETROS
HEPÁTICOS DE CAMUNDONGOS OBESOS INDUZIDOS POR DIETA
HIPERLIPÍDICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de
Minas Gerais, como requisito
parcial, para a obtenção do título de
Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Sérgio Henrique
Sousa Santos
Coorientador(a): Bruna Viana Caldas

Montes Claros – MG

2021

**EFEITOS DA FARINHA DE *Tenebrio molitor* SOBRE OS PARÂMETROS
HEPÁTICOS DE CAMUNDONGOS OBESOS INDUZIDOS POR DIETA
HIPERLIPÍDICA**

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Igor Viana Brandi-UFMG

Prof(a) Bruna Mara Aparecida de Carvalho Mesquita´
UFMG

Orientador: Prof.Sérgio Henrique Sousa Santos-ICA/UFMG

Montes Claros, 30 de agosto de 2021

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, em primeiro lugar, por iluminarem meu caminho e me abençoarem durante esta caminhada.

Aos meus pais, Maria Tatiana e William Arruda, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis e felizes da minha vida, e me apoiaram em todas as minhas escolhas.

Ao meu irmão Wallam Gabriel Arruda, que sempre foi uma das minhas maiores alegrias.

Aos meus queridos Avós, em especial Maria Terezinha, que sempre foi um anjo e nunca mediu esforços para me ajudar e em memória, Aristides da Silva da Correa e Luzia Joaquina.

Aos meus queridos tios, em especial ao meu tio Paulo Sérgio pelo incentivo e dedicação de sempre.

A todos meus amigos que me ajudaram nessa caminhada. Aos meus amigos da Universidade e professores que estiveram comigo nessa longa jornada.

Aos colegas do Laboratório de Pesquisa em Saúde, em especial ao meu amigo Guilherme pela ajuda e incentivo.

Aos animais de experimentação confiados a mim, aos quais contribuíram com suas vidas para o progresso científico. Descansem em paz.

Ao meu orientador, Sérgio Henrique Sousa Santos, pela credibilidade e a minha coorientadora, Bruna Viana Caldas, pela dedicação, paciência e compreensão.

A vocês toda minha gratidão!

RESUMO

Diante do crescimento constante da população mundial, faz-se necessário a busca por novas fontes de proteína. Assim o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da farinha de *Tenébrio molitor* fígado de camundongos obesos. Foram utilizados 56 camundongos machos da linhagem Swiss com idade acima de 6 semanas. Os animais foram divididos em sete grupos com oito animais em cada grupo (n=8), compreendendo os seguintes grupos: Dieta padrão ST(G1), Dieta padrão AIN93(G2), Dieta padrão+farinha in natura(G3); Dieta padrão+farinha fermentada(G4); Dieta hipercalórica (G5) (Guimarães2020); Dieta hipercalórica + farinha in natura (G6); Dieta hipercalórica + farinha fermentada(G7). Na 4ª semana de tratamento foi realizado a eutanásia pela técnica de decapitação e os procedimentos de jejum, pesagem e coleta de sangue e tecidos para testes laboratoriais . O peso corporal dos grupos padrão AIN93 e HFD se manteve maior durante o tratamento, quando comparado aos seus grupos tratados. O tratamento usando farinha in natura e farinha fermentada obteve melhoras no peso corporal, já a ingestão energética foi maior nos grupos tratados. Não houve diferença estatística nos níveis de glicose em jejum, mas houve uma tendência de redução dos tratados quando comparados a seus padrões. A histologia feita no fígado obteve diferenças notórias, o grupo tratado padrão (AIN93) quando comparado aos seus tratados (AIN93+FI)(AIN93+FF) melhorou o quadro inicial visível de danos no fígado. Portanto, foi evidenciado que a inclusão da farinha da larva de *Tenébrio molitor* promoveu melhoras nas questões associadas a síndrome metabólica, como peso corporal, resistência a insulina, esteatose hepática. Sendo assim pode-se concluir que a inclusão do *Tenébrio molitor* é uma fonte de proteína promissora e que resultou em melhoras na saúde do fígado causado por esteatose hepática.

Palavra chave: Insetos comestíveis, fígado, camundongos.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	Insetos:Entomofagia	9
2.2	Aspectos Nutricionais	9
2.2.1	Larva da farinha (<i>TenébrioMolitor</i>).....	11
2.3	Obesidade.....	12
2.3.1	Fígado	12
3.	Materiais e Métodos	13
3.1	Animais e local.....	13
3.2	Indução da obesidade e dislipidemia	13
3.3	IngestãoAlimentar	13
3.4	Teste de Tolerância à Glicose e Sensibilidade à Insulina	14
3.5	Eutánasia.....	14
3.6	Histologia.....	14
3.7	Aspectos Ético	14
• 3.8	Delineamento Experimental	15
3.9	Análise Estatística	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1	Ingestão de energia e composição corporal	16
4.2	Parâmetros bioquímicos	17
4.3	Análises histológicas	19
	REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

A elevada demanda mundial por fontes proteicas evidencia a necessidade de encontrar novas fontes alternativas sustentáveis (FAO, 2017). O aumento da demanda por proteína será mais do que proporcional para grãos e rações altamente proteicas (Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, 2013). Desse modo, se torna crescente a busca por alimentos alternativos para substituir os convencionais e, para resolver esse impasse o uso de insetos se faz cada vez mais presente, visto que os insetos conseguem converter os alimentos de forma mais eficiente em massa corporal do que animais convencionais de produção e tem sido uma opção viável no mercado agropecuario (Emanuella et al., 2019). Além disso, a criação de insetos exige espaços menores quando comparado às áreas destinadas para plantação de grãos como milho, soja, trigo, tem ciclos de vida curto e são fáceis de produzir e manusear, o que vai depender do substrato utilizado (Ramos-Elorduy & Pino M., 2001)

O uso das larvas do inseto *Tenebrio molitor* é uma ótima solução para esse impasse, pois é uma fonte alimentícia rica em proteína, com baixo custo de produção e alta qualidade nutritiva. Ademais, o valor nutritivo dos insetos varia em relação a sua espécie e seu estágio metamórfico (VANHUIS, 2013). O *Tenebrio molitor* possui metamorfose completa: ovo, larva, pupa e imaturo adulto, no entanto, a fase larval é a mais utilizada por apresentar uma composição nutricional mais abundante (SCHICKLER, 2008). Os nutrientes das larvas de *Tenebrio* podem variar em função do tamanho (peso) das larvas, sua alimentação e do substrato de criação (RAMOSELORDUY et al., 2002).

Diversos estudos com a inclusão da farinha de *Tenebrio molitor* que é rica em aminoácidos essenciais, ácidos graxos mono e poli-insaturados (MAKKAR et al., 2014) foram realizados na alimentação de várias espécies, tais como: aves domésticas como frango de corte, poedeiras, peixes, suínos (CARVALHO, 2021) na qual obtiveram resultados satisfatórios, onde os argumentos que reforçam essa ideia é que possui alta conversão alimentar (COLLAVO et al., 2005) bem como seus efeitos benéficos em parâmetros metabólicos avaliados (BOSCH et al., 2014).

Mesmo com o progresso de métodos alternativos, utilização de camundongos vem sendo utilizada devido ao valor econômico (Chorilli, et al 2007), os modelos animais ainda apresentam como principal vantagem o fornecimento de informações sobre o organismo como um todo, fato que não é conseguido com outros métodos (Heywood, 1987; Ribeiro et al.,

1995; Salén, 1995; Snitkoff,2004). E sua introdução como animal de laboratório deve-se principalmente ao fato de ser pequeno, muito prolífero, ter período de gestação curto, ser de fácil domesticação e manutenção, se tornando assim o mamífero mais utilizado em pesquisas de laboratório (SANTOS, 2002).

Com o avanço populacional, a escassez de alimentos, e uma alta demanda sobre a produção proteica, os insetos ganharam destaque como uma possível alternativa para solucionar esse problema. Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da inclusão alimentar de 15% farinha de *Tenebrio molitor* em lesões de esteatose hepática em camundongos obesos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Insetos:Entomofagia

A entomofagia é o consumo alimentar de insetos(Klunder et al., 2012).As principais formas de consumo ocorrem por meio da ingestão *innatura*, processamento em farinhas e o isolamento de compostos nutricionais de interesse. Tal consumo pode ser uma forma de solucionar a crescente demanda por proteínas (Nongonierma et al., 2018).Cerca de 1900 espécies de insetos existentesno mundo são consumidas, mas alguns são escassos estudos sobre seus efeitos a saúde(Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, 2013).

Entre as culturas semprehouveumarepulsãoaosinsetos,principalmente nos povos ocidentais (Schardong et al., 2018.). Durante aevoluçãohumana, ousodeinsetossemprefezpresentenaalimentação. Logo em seguida devido ao avanço da agricultura osinsetos passaram a ser considerados pragas e com o passar do tempopassaramaserconsideradoscomosinaisdedoençaeseincômodos (VILLELA,2018).

Aindaqueno ocidenteo consumo de insetos sejaconsiderado um tabu,cerca de 2 bilhões depessoas em todo omundojá suplementam suas dietas com insetos,que têm alto percentual de proteínas e minerais e trazem benefícios aoambiente (Imathiu, 2020).

Osprincipaispovosconsumidoresdeinsetossãoencontrados em países localizados em regiões tropicais e subtropicaiscomo: China, México e Japão, uma vez que a biodiversidade dessasregiõespossuemumafaunademaiorriqueza doqueaobservada em países localizados em zonas temperadas (Govorushko,2019).

No Brasil, até 2015 existia apenas uma empresa que produzia insetos para o consumo, contudo, é destinado apenas para consumo animal. A Nutrinsecta, fundada desde 2008, em Betim (MG), já solicitou ao Ministério da Agricultura, uma licença para a produção com vistas ao consumo humano(Romeiro et al., 2015)

A entomofagia, portanto, se baseia na prática do uso de insetos como um tipo de alimento. Pode ser usado de diversas maneiras. Um exemplo é a farinha de *Tenébriomolitor* (Imathiu, 2019) um dos insetos mais cultivados na Europa, devido a sua potencial promissor para a indústria alimentícia.

2.2 Aspectos Nutricionais

Os insetos apresentam-se como uma excelente fonte nutricional alternativa, resultante de uma produção relativamente simples e sustentável, com elevados níveis de conversão, essas espécies edíveis (ordem dos farmacêuticos, 2012) possuem gorduras de alta digestibilidade, onde a gordura é o segundo e mais disponível macronutriente nos insetos (Fasolin et al., 2019).

Em média, o teor de gordura em insetos comestíveis varia de 13 a 33% em Orthoptera, por exemplo, grilos e gafanhotos e Coleoptera, como besouros (Gabry et al., 2021). Eles possuem um perfil nutricional balanceado de aminoácidos que atende às demandas humanas e animais, além de fornecerem alto teor de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados (Govorushko, 2019).

Uma das vantagens da gordura encontrada nos insetos diz respeito ao perfil de ácidos graxos, visto que possuem alto teor de ácidos graxos poli-insaturados comparável ao encontrado em peixes e aves (Xiaoming, 2010).

Entre as vantagens do uso das larvas do *T. molitor*, em relação ao valor nutritivo, diversas literaturas enfatizam o excelente conteúdo proteico que em média, a taxa de proteína encontrada nos insetos fica em torno dos 60% (Fasolin et al., 2019) e um bom balanço de aminoácidos para larvas de *T. molitor* (Sánchez-Muros et al., 2016). Segundo Fasolin et al. (2019) além da grande quantidade de proteína encontrada, são reconhecidas como de alta qualidade devido a alta concentração de aminoácidos essenciais que varia de 46 a 96% em insetos e a digestibilidade proteica varia entre 76% e 96% (Imathiu, 2020).

Os carboidratos nos insetos estão presentes principalmente na forma de quitina, entre 5 a 20% do peso seco, com pouca função energética, mas com apelo funcional (Xiaoming, 2010). Os insetos são uma ótima fonte de minerais. A maioria destes destinados ao consumo humano possuem altos níveis de fósforo e magnésio, especialmente grilos e gafanhotos, e são encontrados também cálcio, zinco e ferro (Gabry et al., 2021); (Imathiu, 2020). Porém, de acordo com Gabry et al. (2021), a composição nutricional dos insetos comestíveis pode variar de acordo com a espécie, estágio de vida, habitat e dieta.

Tabela 1. Composição bromatológica da farinha de larvas de tenébrio, valores médios, desvio padrão, valores máximo e mínimo, e número de amostras analisadas.

BROMATOLÓGICA	UNIDADE	MÉDIA	DP	MIN	MAX
MATÉRIA SECA	%	42,2	6,3	37,1	57,6

PB	%MS	52,8	4,2	47,2	60,3
FDN	%MS	12,0	3,5	7,4	15
FDA	%MS	6,5		6,4	6,6
EXTRATO ETÉREO	%MS	36,1	4,1	31,1	43,1
CINZA	%MS	3,1	0,9	1,9	4,5
ENERGIA BRUTA	MJ/KG MS	26,8	0,4	26,4	27,3

Fonte: Adaptado de TRAN et al. (2016).

2.2.1 Larva da farinha (*Tenébriomolitor*)

O *Tenébriomolitor* é um dos insetos mais comercializados e mais procurados (Motomiya *et al.*, 2017). Pertence a família Tenebrionidae, ordem coleóptera, classe Insecta e filo Arthropoda, essa ordem é a mais vasta entre os insetos, contendo cerca de 40% dos indivíduos. É um inseto holometabólico, ou seja, passa por um processo chamado metamorfose completa, que inclui as seguintes fases: ovo, larva, pupa, besouro adulto (Heckman *et al.*, 1967).

Os insetos são eficientes na conversão de ração em proteína de alto valor biológico. Em média são capazes de converter 2kg de ração em 1kg de massa. Em comparação, o gado bovino exige 8kg de ração para produzir 1kg de carne (Romeiro *et al.*, 2015), visto que as taxas de conversão de alimentação para carne variam amplamente, dependendo da classe do animal e as práticas de produção utilizadas (De Marques Vilella, 2018).

A área para reprodução dos insetos pode ser constituída por caixas onde é fornecido algum tipo de substrato sólido e uma fonte de umidade, na qual pode ser utilizada alguma verdura ou o hidrogel. Após a postura os ovos produzidos são incubados em condições apropriadas para o desenvolvimento das larvas e depois de algumas semanas de desenvolvimento as larvas são separadas para abate e processamentos finais (Heckman *et al.*, 1967).

2.3 Obesidade

A obesidade é um sério problema de saúde no mundo, apresentando elevada prevalência com projeções de atingir cerca de 2,3 bilhões de pessoas no mundo, em 2025, na qual a obesidade tem sido considerada a mais importante desordem nutricional nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, devido ao aumento da sua incidência (Wanderley & Ferreira, 2010).

A obesidade é caracterizada pelo acúmulo excessivo de tecido adiposo no organismo (White et al., 2013) onde está diretamente relacionado ao aumento da ingestão calórica associado à diminuição do gasto energético. Tais fatores predispõem as chances de desenvolvimento de algumas doenças, sendo elas: diabetes mellitus tipo 2, hipertensão arterial, aterosclerose, esteatose hepática não alcoólica entre outras (Figura 1) (Speretta et al., 2014). A obesidade pode ser acarretada por diversos fatores genéticos como, hábitos alimentares e falta de exercícios físicos (PINTO et al., 2012).

2.3.1 Fígado

O fígado é um órgão que possui funções imprescindíveis no nosso organismo sendo responsável por regular o metabolismo de vários nutrientes como proteínas, carboidratos e lipídios e tem como função, quebrar as proteínas, determinando onde esses aminoácidos serão utilizados (A.V. Tiradentes et al., 2017).

Tendo em vista que a obesidade afeta a saúde do fígado uma das principais doenças desencadeadas é a doença hepática gordurosa não alcoólica (DHGNA). A DHGNA é definida como o acúmulo de lipídios dentro dos hepatócitos, principalmente os triglicerídios (ALANE, 2019). Visto que o fígado desempenha um papel importante no controle metabólico o mesmo é um órgão alvo no caso de excesso de alimentos que consequentemente resulta na elevação dos níveis desses triglicerídeos nos hepatócitos (Stojsavljević et al., 2014)

Quando o fígado é muito agredido, os hepatócitos-células especializadas do fígado perdem a capacidade de regeneração, o que pode acarretar um excesso de alterações celulares e por fim em uma insuficiência hepatocelular (FORBES, 2008), que pode ser exemplificada com uma degeneração celular hepática por acúmulo de lipídios, ou esteatose, encontrada no fígado, por tratar-se de um órgão envolvido no metabolismo da gordura.

A esteatose hepática (EH) é o acúmulo de lipídios histologicamente visível no citoplasma dos hepatócitos, podendo atingir 5% a 40% do peso do tecido, que compromete a saúde do ser vivo (ALANE, 2019). E estudos apontam que 15% a 40% dos casos de EH pode avançar para Esteato-Hepatite Não Alcoólica, manifestando inflamação, balonização e fibrose que pode acarretar em uma cirrose (Cazzo et al., 2017).

3. Materiais e Métodos

3.1 Animais e local

Para realização do experimento foram utilizados 56 camundongos machos da linhagem Swiss com idade acima de 6 semanas, criados no biotério da Universidade Estadual de Montes Claros. Os camundongos foram mantidos em gaiolas limpas com oitocamundongos em cada uma mantidos em ambientes com ciclos de luminosidade de 12 horas com temperatura de $24 \pm 2,0$ °C por 120 dias.

3.2 Indução da obesidade e dislipidemia

A indução de obesidade e dislipidemia nos camundongos foi realizada através de uma dieta com menor percentual de carboidratos e altas quantidades de lipídeos que exercem alterações no desenvolvimento de alterações metabólicas em imitação da alimentação humana, ao contrário de outros estudos. (Guimarães et al., 2020). Após 3 meses os grupos foram divididos em grupo controle e tratados que receberam doses diárias da farinha em fração.

3.3 Ingestão Alimentar

A ingestão alimentar foi mensurada durante todo o tratamento, com indução diária por via oral de 15% da substituição da dieta por farinha de *Tenebrio molitor* (Carvalho, Saad et al. 2019). O consumo alimentar foi medido três vezes por semana, em dias pré-estabelecidos, no mesmo horário, calculando-se a diferença dos pesos das rações ofertada e consumida, fazendo-se o cálculo aritmético da estimativa diária do consumo de ração, em gramas. As curvas de peso e consumo de ração foram realizadas em todos os grupos, durante todo o experimento.

3.4 Teste de Tolerância à Glicose e Sensibilidade à Insulina

O teste de sensibilidade insulínica foi realizado pela manhã, com os animais no estado alimentado, através da aplicação intraperitoneal de 0,75U de insulina/kg de peso corporal. Com uma punção na ponta da cauda do animal, foi coletada uma gota de sangue para verificação da glicemia no momento anterior à aplicação de insulina e com 15, 30 e 60 minutos decorridos da aplicação. O teste de tolerância à glicose foi realizado pela manhã, com os animais em jejum de 12 horas, através da aplicação intraperitoneal de 2 g de glicose/kg de peso corporal. Após um pequeno corte na ponta da cauda do animal foi coletada uma gota de sangue para verificação da glicemia no momento anterior à aplicação da glicose (glicemia de jejum) e com 15, 30, 60 e 120 minutos decorridos da aplicação.

3.5 Eutanásia

Na 4ª semana de tratamento foi efetuada a eutanásia pela técnica de decapitação, conforme orientações da Sociedade Brasileira de Ciência de Animais de Laboratório / Colégio Brasileiro de Experimentação Animal SBCAL-COBEA e realizados os procedimentos de jejum, pesagem e coleta de sangue e tecidos para testes laboratoriais.

3.6 Histologia

Amostras do fígado foram coletadas após o sacrifício e armazenadas em formol, em seguida transferidas para solução de álcool etílico para posterior inclusão em parafina. Cortes de 7µm de espessura foram realizados em micrótomo específico, com posterior montagem em lâminas de vidro previamente preparadas e tratamento em Hematoxilina & Eosina para análise dos tecidos. A análise dos hepatócitos será feita por área (µm²) no microscópio óptico Olympus FSX100.

3.7 Aspectos Ético

O presente estudo seguiu os preceitos nacionais e internacionais que regem o desenvolvimento de pesquisa em animais e foi encaminhado ao Comitê de Ética em Experimentação e Bem-Estar Animal (CEEBEA) da Universidade Estadual de Montes

Claros(UNIMONTES).

- **3.8 Delineamento Experimental**

No experimento, um total de 56 camundongos foram utilizados. Os camundongos foram divididos em sete grupos com oito animais em cada grupo (n=8), compreendendo os seguintes grupos: Dieta padrão ST(G1), Dieta padrão AIN93(G2), Dieta padrão+farinha in natura(G3); Dieta padrão+farinha fermentada(G4); Dieta hipercalórica(G5) (Guimarães 2020); Dieta hipercalórica+farinha in natura (G6); Dieta hipercalórica+farinha fermentada(G7)(Reeves, Nielsen et al. 1993).

STATUS DO GRUPO	IDENTIFICAÇÃO DOS GRUPOS
Dieta padrão	G1
Dieta AIN-93	G2
Dieta AIN-93 + Farinha <i>in natura</i>	G3
Dieta AIN-93 + Farinha Fermentada	G4
Dieta Hipercalórica	G5
Dieta Hipercalórica+ Farinha <i>in natura</i>	G6
Dieta Hipercalórica+ Farinha Fermentada	G7

3.9 Análise Estatística

Os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão da média para as análises da composição físico-química e em média \pm erro padrão da média para as análises biológicas. Para comparação múltipla de resultados paramétricos foi utilizado ANOVA seguido de pós-teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de 5%. Para a realização da Análise estatística foi utilizado o software GraphPad Prism versão 6.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ingestão de energia e composição corporal

O peso corporal dos grupos padrão AIN-93 e HFD se mantiveram maior durante o tratamento, quando comparado aos seus grupos tratados. O tratamento tanto da farinha *in natura* quanto da fermentada obteve melhoras no peso corporal evidenciadas estatisticamente. Já a ingestão energética foi maior nos grupos tratados, fato que pode ser justificado pela melhora da palatabilidade gerada pela inclusão do *Tenébriomolitor*, maximizada pelo processo fermentativo que além de melhorar a disponibilidade nutricional, melhora a palatabilidade (Masood et al., 2021). O peso do fígado não apresentou diferenças significativas entre os grupos. Em seguida podemos observar nos gráficos.

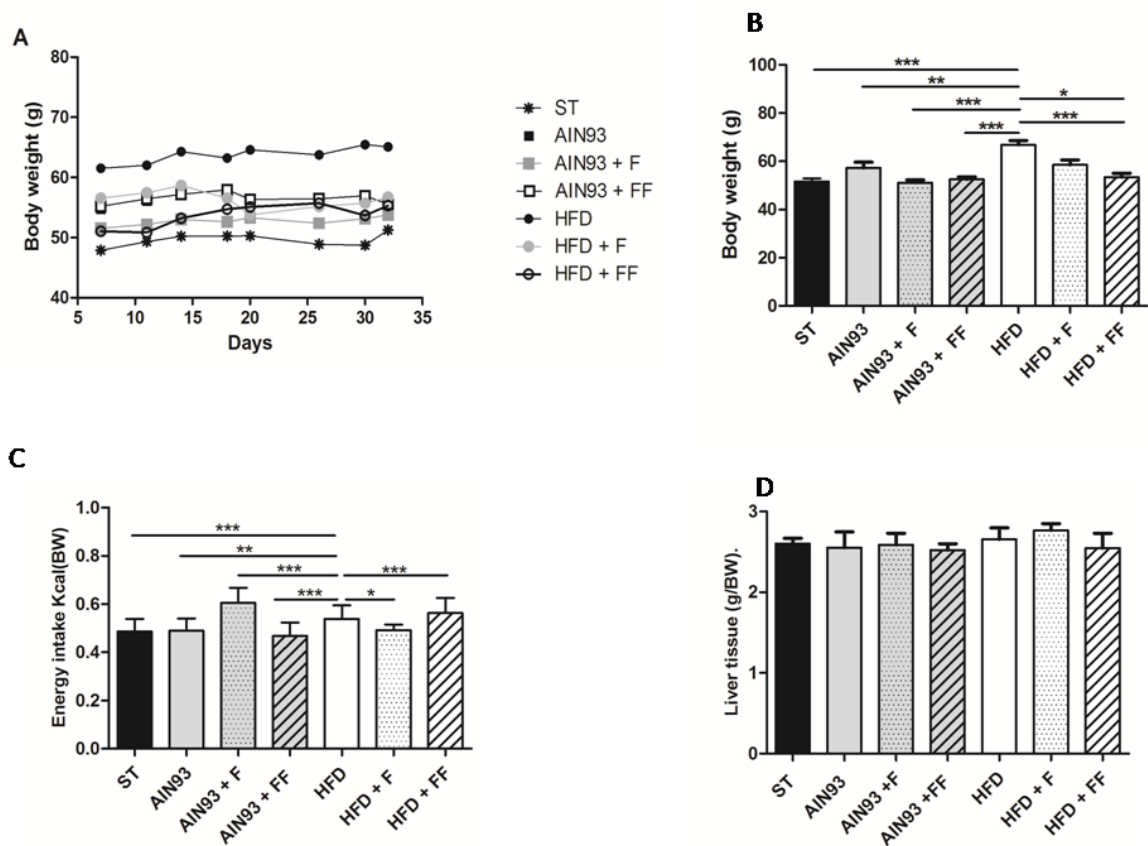


Figura 2- Consumo energético e composição corporal dos camundongos tratados com dieta padrão e hipercalórica. A) Peso corporal ao longo do tempo. B) Peso corporal final. C) Consumo energético. D) Peso do fígado.

De acordo com Bardocz et al. (1996) e Silva et al. (2015) dependendo da composição da dieta, pode ser observada uma alteração do peso dos órgãos entre os animais, como por

exemplo animais que recebem dietas hiperlipídicas apresentam maior peso do fígado quando comparados com animais em dieta padrão (comercial). Esse fato ocorre devido a maior deposição de gordura hepática nos animais consumindo dieta hiperlipídica. No presente estudo, embora não tenha sido relatada diferença no peso do fígado, pode-se observar uma tendência de diminuição do peso hepático dos animais dos grupos que receberam farinha de *Tenébrio molitor*.

4.2 Parâmetros bioquímicos

Os níveis de glicose e insulina foram melhorados. Neste sentido a quantidade e a qualidade do carboidrato que compõe a dieta reflete diretamente na glicemia (SILVA e MURA, 2010).

Não houve diferença estatística nos níveis de glicose em jejum, mas houve uma tendência de redução dos tratados quando comparados a seus padrões. Não teve diferença significativa do colesterol total.

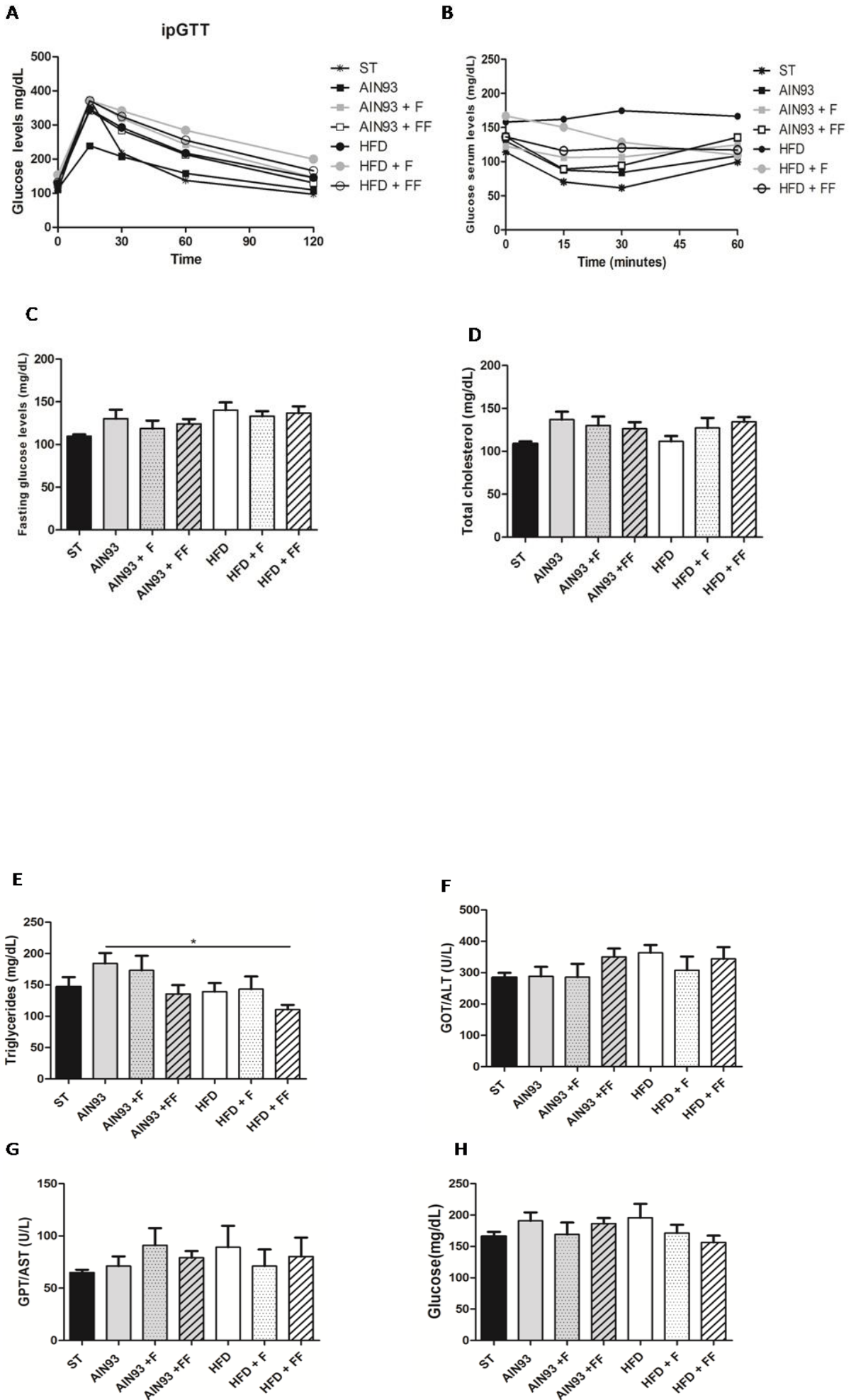


Figura 3- Perfil bioquímico dos camundongos tratados com dieta padrão e hipercalórica. A) Teste de tolerância a glicose (TTG) e área sobre a curva B) Teste de sensibilidade a insulina (TSI) e área sobre a curva. C) Níveis de glicose em jejum D) Níveis de colesterol total. E) Triglicerídeos. F) Níveis GOT/ALT. G) Níveis GOT/ALT. H) Níveis de glicose no sangue.

4.3 Análises histológicas

A histologia realizada no fígado apresentou diferenças notórias, o grupo tratado padrão (AIN93) quando comparado aos seus tratados (AIN93+FI), (AIN93+FF) melhorou o quadro inicial visível de danos no fígado. Ademais, o grupo padrão (HFD) que foi induzida a obesidade, apresentou uma grande quantidade de gordura no fígado, não vista em seus grupos tratados (HFD+FI), (HFD+FF).

De acordo com Lage et al. (2014) observaram um efeito hepatoprotetor da adição de 3% de farinha da casca da jabuticaba em animais recebendo dieta AIN-93G, os autores relataram a diminuição de esteatose hepática no grupo tratado, quando comparados com o grupo controle. o qual atenuou os danos hepáticos induzidos pela dieta. O que também foi observado neste estudo e podemos observar na figura a seguir.

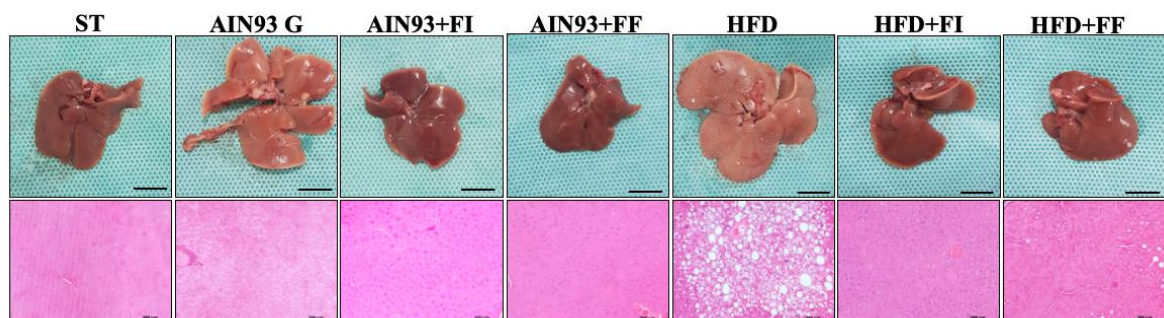


Figura 4- Análise histológica dos camundongos tratados com dieta padrão e hipercalórica.

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, foi evidenciado que a inclusão da farinha da larva de *Tenebrio molitor* promoveu melhoria das alterações metabólicas associadas a síndrome metabólica, como peso corporal, resistência a insulina, esteatose hepática. Portanto, a inclusão do *Tenebrio molitor* é uma fonte protéica promissora para a alimentação animal e até mesmo humana, no que tange a sustentabilidade, qualidade nutricional e principalmente na melhora de aspectos que geram promoção da saúde.

REFERÊNCIAS

ABRAVES. Um diferencial na produção de proteína Carnesuína "made in Brasil" tem tecnologia e isso significa a melhor qualidade e o menor custo de produção. Congresso ABRAVES - De 16 a 19 de outubro 2013 - Centrosul - Florianópolis - SC. Disponível em: . Acessado em: 02 de fevereiro de 2021

Andrade MCR. A utilização de símiões do gênero *Callithrix* como modelo experimental. 2006. Disponível em URL: <http://www.cobea.org.br/artigo4.htm>.

Andrew F. et al. INSETOS COMESTÍVEIS - UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL À SEGURANÇA ALIMENTAR: UM LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE OS PRÓS E CONTRAS DA ENTOMOFAGIA, Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – Vol. 1 – N. 12. 2020

Brasil. (2013). Porque você deve começar a comer insetos. Disponível em: <https://super.abril.com.br/saude/por-que-voce-deve-comecar-a-comer-insetos/> Acesso em: 17 de Janeiro de 2021

BRUNA, L. D. 2014. Insetos para alimentar o Mundo. Observatórios Setor Agroalimentar. Disponível em: . Acesso em : 22 de janeiro de 2021-03-22

BOSCH, G. et al. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of nutritional science*, v. 3, 2014. ISSN 2048-6790

CASTRO, F. 2013. A população e a produção de alimento: A fome não é problema de escassez de produto. Disponível em: . Acessado em: 10 de fevereiro de 2021

CERRI, Gabriela Cavazza. **Avaliação do perfil metabólico de camundongos obesos tratados com uma nanoformulação lipídica de Esclareol.** 2017. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Farmacologia)

Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, [S. l.], 2017. Disponível em: file:///C:/Users/Tiago%20Castro/Desktop/tcc%20artigos/dissertao_gabrie la_c_cerri.pdf. Acesso em: 11 mar. 2021.

COLLAVO, A.; GLEW, R.H.; HUANG, Y.S.; CHUANG, L.T.; BOSSE, R.; PAOLETTI, M.G. House cricket small-scale farming. In: Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails. Ed. Paoletti, M. G. New Hampshire Science Publishers. p.519-544, 2005.

COSTA NETO, E.M. Insetos como fonte de alimento para o homem: valoração de recursos considerados repugnantes. *Interciência*, v.28,n.3,pag.136-140.2003.

CHORILLI, Marlus; MICHELIN, Daniel C.; SALGADO, Hérica Regina Nunes. Animais de laboratório: o camundongo. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v.28,n.1,2007.

DOS SANTOS JUNIOR, JORGE RENATO TAGLIAFERRO. FARINHA DE TENÉBRIO NA ALIMENTAÇÃO DE **ZEBRAFISH (Daniorerio)**. 2018. Trabalho concluído de curso (Tecnólogo em Aquicultura.) - conclusão de curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Aquicultura da Universidade Federal do Pampa, [S. l.], 2018.

Disponível em: <file:///C:/Users/Tiago%20Castro/Desktop/tcc%20artigos/JORGE%20RENATO%20TAGLIAFERRO%20DOS%20SANTOS%20JUNIOR.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

FAO. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nation. The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment. Roma. 2015. <http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/> Acesso em 17 de janeiro de 2021

FORBES, S. J. Stem cell therapy for chronic liver disease- choosing the right tools for the job. *Gut*, v. 57, n. 2, p. 153– 155, 2008. <https://doi.org/10.1136/gut.2007.134247>
Govorushko, S. (2019). Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 91: 436–445

Imathiu, S. (2019). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18:1–11.

KELLERT, S.R. Values and perceptions of invertebrates. *Conservation biology*, v. 7, n. 4, p. 845-855, 1993. ISSN 1523-1739

LAGE, F.F.; SIMÃO, A.A.; GUEDES, M.N.S.; RAMOS, V.O.; SOUSA, R.V.;
CORRÊA, A. D. Jabuticaba [*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg.] skins decrease
lipid peroxidation: hepatoprotective and antihyperlipidemic effects. **African
Journal Biotechnology**, v. 13, n. 11, p. 1295-1302, 2014.

NEVES, Silvânia Meiry Peris *et al.* **Manual de Cuidado e Procedimentos com Animais de Laboratório do Biotério de Produção e Experimentação da FCF-IQ/USP.** [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <http://www.usp.br/bioterio/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

PASSOS LAC, Lima Filho AF, Mencarelli MM, Jesus JR. Autosuficiência na criação de maravalha utilizada na criação de animais de laboratório. 2006. Disponível em URL: <http://www.cobea.org.br/artigo5.htm>.

PINTO, C. G. S. [et al.] Esteatose Hepática e Estilo de Vida Ativo: Revisão de Literatura. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 20, n. 3, p. 125-134, 2012.

RAMOS-ELORDUY, J. et al. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, Cary, v. 95, n. 1, p. 214-220, 2002.

Ribeiro SML, Campos P, Tirapegui J. Orato como animal de laboratório: histórico, dados biológicos e análise crítica de seu uso. *Rev Farm Bioquím Univ São Paulo* 1995;31(1):21-8.

Salén JCW. Animal models: principles and problems. In: Rollin BE, Kessel ML. *The experimental animal in biomedical research: care, husbandry and well-being: an overview by species*. 3rd ed. Boston: CRC Press, 1995. 560p.

SÁNCHEZ-MUROS, M^a. J.; HARO, C.; SANZ, A.; TRENZADO, C.E.; VILLARECES, S. BARROSO, F.G. 2015 Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fish meal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquaculture Nutrition*.

Santos BF. Criação e manejo de camundongos. In: Andrade A, Pinto SC, Oliveira RS. *Animais de laboratório: criação e experimentação*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2002. pp. 115-8.

Santos BF. Camundongos mutantes mais utilizados. In: Andrade A, Pinto SC, Oliveira RS. *Animais de laboratório criação e experimentação*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2002. pp. 139-42.

SCHICKLER, G. *Tenebrio molitor* de A a Z. São Paulo, SP. 2008. Disponível em: <http://www.usp.br/bioterio/>, acesso em: 20 de Janeiro 2021

Snitkoff, GG. Testes biológicos. In: Gennaro AR. *Remington: ciência e prática da farmácia*. 20. ed. Rio de Janeiro: Guanabara

Koogan,2004.p.556-68.

TRAN G., GNAEDINGER C., MÉLIN C., 2016. Mealworm (Tenebrio molitor). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/16401>LastupdatedonMarch 23, 2016. Disponível em <<http://www.feedipedia.org/node/16401>> Acesso em 20 de março de2021

Van Huis, A.(2003). Insetos como alimento na África Subsaariana .*Insect ScienceanditsApplication*,23(3),163 185.doi:10.1017/S1742758400023572

VANHUIS,A.;ITTERBEECK,J.V.;KLUNDER,H.;MERTENS,E.;HALLORAN,A.;MUIR,G.; VANTOMME,P.Edibleinsects: futureprospectsforfoodandfeedsecurity.FAOForestryPaper,n.171,2013.

VELDKAMP,T.;VANDUINKERKEN,G.;VANHUIS,A.;LAKEMOND,C.M.M.;OTTEVANGER,E.;BOSCH,G.;VAN BOEKEL, M.A.J.S. Insects as a sustainable feed ingredient in pig andpoultrydiets-afeasibilitystudy.Rapport638-WageningenLivestockResearch,2012.

VILELLA,L D M.2018 . Produção de insetos para uso na alimentaçãoanimal.Disponivel em ><http://hdl.handle.net/10183/180588>, acesso em:22defevereirode2021.

VEIGA,A (2005).Obesidade e diabetes mellitus em pequenos animais.In:González FH.D.,Santos,A.P.(eds):Anais do II simpósio de Patologia Clínica Veterinaria da Região Sul do Brasil.Porto Alegre :Universidade Federal Do Rio Grande do Sul.pp.82-91.

VELDKAMP, T. et al. Insetos como um ingrediente alimentar sustentável em dietas de suínos e aves: um estudo de viabilidade = Insectenalsduurzamediervoedergrondstof in varkens-enpluimveevoeders: eenhaalbaarheidsstudie .Wageningen UR Livestock Research, 2012

A.V.Tiradentes, L., Falçoni, F. M. S., & P.Vieira, N. (2017). PRINCIPAIS CAUSAS DE CONDENAÇÕES DE FÍGADOS DE BOVINOS EM MATADOUROS FRIGORÍFICOS DO SUL DO ESTADO DO ESPIRITO SANTO NO PERÍODO DE 2011 A 2016. *עלון הנושא*, 66, 37–39.

ALANE, C. R. P. (2019). ALTERAÇÕES MOLECULARES NO FÍGADO INDUZIDAS PELA DIETA RICA EM GORDURA E NITRATO DE SÓDIO UTILIZANDO ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER.

CARVALHO, G. D. S. P. (2021). INCLUSÃO DE LARVAS DESIDRATADAS DE *Tenebrio molitor* EM RAÇÕES PELETIZADAS PARA PAPAGAIO VERDADEIRO (Amazona aestiva).

Cazzo, E., Pareja, J. C., & Chaim, E. A. (2017). Doença hepática gordurosa não alcoólica e cirurgia bariátrica: Uma revisão abrangente. *Sao Paulo Medical Journal*, 135(3),

277–295. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2016.0306311216>

De Marques Vilella, L. (2018). Produção de insetos para uso na alimentação animal.

Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.

Emanuella, L., Marciano, A., Araújo, T. D. M., & Lima, N. R. (2019). *Revista Brasileira de Meio Ambiente Desempenho de coelhos alimentados com farinha de Tenebrio molitor.* 049, 42–49.

Gabry, A. F., Leal, R. M., da Silva, C. B. F., Sass, C. A. B., Tavares Filho, E. R., Pagani, M. M., Machado, M. T. C., & Esmerino, E. A. (2021). Insetos comestíveis - uma alternativa sustentável à segurança alimentar: um levantamento bibliográfico sobre os prós e contras da entomofagia. *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*, 1(12), 111–122. <https://bit.ly/3fzu4kn>

Guimarães, V. H. D., Lelis, D. de F., Oliveira, L. P., Borém, L. M. A., Guimarães, F. A. D., Farias, L. C., de Paula, A. M. B., Guimarães, A. L. S., & Santos, S. H. S. (2020). Comparative study of dietary fat: lard and sugar as a better obesity and metabolic syndrome mice model. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 0(0), 1–11. <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1835986>

Heckman, J. J., Pinto, R., & Savelyev, P. A. (1967). tenebrio, criação dde tenebrio molitor. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18(November), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>

Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., & Nout, M. J. R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, 26(2), 628–631. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013>

Masood, S., Hussain, A., Javid, A., Bukahri, S. M., Ali, W., Ali, S., Ghaffar, I., Imtiaz, A., Amin, H. M. A., Salahuddin, H., Inayat, M., Razzaq, S., Kafayat, F., Rafiq, H., Yasmeen, M., Muneeb, M., & Sattar, S. (2021). *Fungal decomposition of chicken-feather waste in submerged and solid-state fermentation.* 83, 1–8.

Motomiya, A. V. A., Motomiya, W. R., Molin, J. P., Lira, A., Di Oliveira, J. R. G., & Biscaro, G. A. (2017). *Revista Agrarian.* *Revista Agrarian*, 4(11), 01–09.

Nongonierma, A. B., Paoletta, S., Mudgil, P., Maqsood, S., & FitzGerald, R. J. (2018). Identification of novel dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides in camel milk protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 244(0), 340–348. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.033>

ordem dos farmacêuticos. (2012). Manual de Boas Práticas. *Instituto Federal de São Paulo,*

- I(1), 1–21.
<http://portaleducacao.guarulhos.sp.gov.br/portal/php/gerarArquivo.php?txtID=485>
- Ramos-Elorduy, J., & Pino M., J. (2001). Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México. *Revista de La Sociedad Química de México*, 45(2), 66–76.
- Romeiro, E., Dias, D. O. I., & Carvalho, E. F. (2015). Insetos como alternativa alimentar: artigo de revisão. *Contextos Da Alimentação*, 4(1), 41–61.
- Sánchez-Muros, M. J., de Haro, C., Sanz, A., Trenzado, C. E., Villareces, S., & Barroso, F. G. (2016). Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquaculture Nutrition*, 22(5), 943–955.
<https://doi.org/10.1111/anu.12313>
- Schardong, I. S., Freiberg, J. A., & Richards, N. S. P. S. (n.d.). *Insetos comestíveis: percepção do consumidor 2018*. 55, 1–6.
- Speretta, G. F., Leite, R. D., & Duarte, A. C. D. O. (2014). Obesidade, inflamação e exercício: foco sobre o TNF-alfa e IL-10. *Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto*, 13(1), 61–69. <https://doi.org/10.12957/rhupe.2014.9807>
- Stojsavljević, S., Gomerčić Palčić, M., Virović Jukić, L., Smirčić Duvnjak, L., & Duvnjak, M. (2014). Adipokines and proinflammatory cytokines, the key mediators in the pathogenesis of nonalcoholic fatty liver disease. *World Journal of Gastroenterology*, 20(48), 18070–18091. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i48.18070>
- Van Huis A, Van Itterbeek J, Klunder H, et al. (2013). Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Vol. 97, Issue 18). <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>
- Wanderley, E. N., & Ferreira, V. A. (2010). Obesidade: uma perspectiva plural Obesity: a plural perspective. *Ciência & Saúde Coletiva*, 15(1), 185–194.
- White, P. A. S., Cercato, L. M., Araújo, J. M. D., Souza, L. A., Soares, A. F., Barbosa, A. P. O., Neto, J. M. d. R., Marçal, A. C., Machado, U. F., Camargo, E. A., Santos, M. R. V., & Brito, L. C. (2013). Modelo de obesidade induzida por dieta hiperlipídica e associada à resistência à ação da insulina e intolerância à glicose. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, 57(5), 339–345. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302013000500002>

XIAOMING, Chen et al. Revisão do valor nutritivo dos insetos comestíveis. Insetos da floresta como alimento: humanos mordem de volta , v. 85, 2010.

