



**Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP**  
**Escola de Educação Física-EEF**  
**Bacharelado em Educação Física**



**TCC em formato de artigo**

**Efeitos da farinha de invertebrados após exercício físico em ratos**

**Douglas Félix Coelho**

**Ouro Preto**  
**2021**

**Douglas Félix Coelho**

**Efeitos da farinha de invertebrados após exercício físico em ratos**

Trabalho de Conclusão de Curso em formato de artigo formatado para a Revista *American Journal of Physical Medicine e Rehabilitation*, apresentado à disciplina Seminário de TCC (EFD-381) do curso de Educação Física em Bacharelado da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para aprovação da mesma.

Prof(a).Dr(a). Lenice Kappes Becker Oliveira  
Prof. Dr. Emerson Cruz de Oliveira

**Ouro Preto  
2021**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C672e Coelho, Douglas Felix .  
Efeitos da farinha de invertebrados após exercício físico em ratos.  
[manuscrito] / Douglas Felix Coelho. - 2021.  
31 f.: il.: gráf.. + Delineamento amostral.

Orientadora: Profa. Dra. Lenice Kappes Becker Oliveira.  
Coorientador: Prof. Dr. Emerson Cruz de Oliveira.  
Produção Científica (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro  
Preto. Escola de Educação Física. Graduação em Educação Física .  
Área de Concentração: Educação Física.

1. Músculos-Recuperação. 2. Aminoácidos. 3. Exercício físico. 4.  
Treinamento resistido. I. Oliveira, Lenice Kappes Becker. II. Oliveira,  
Emerson Cruz de. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 796.41

Bibliotecário(a) Responsável: Angela Maria Raimundo - SIAPE: 1.644.803



**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Douglas Félix Coelho**

**Efeitos da farinha de invertebrados após exercício físico em ratos**  
Monografia apresentada ao Curso de Educação Física da Universidade Federal  
de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel

Aprovada em 11 de agosto de 2021

Membros da banca

Dra Lenice Kappes Becker - Orientador(a) Universidade Federal de Ouro Preto  
Dr. Emerson Cruz de Oliveira - Coorientador Universidade Federal de Ouro Preto  
Ms. Samara Silva de Moura - Universidade Federal de Ouro Preto  
Ms. Raianne dos Santos Baleeiro - Universidade Federal de Ouro Preto

Lenice Kappes Becker, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em  
16/08/2021



Documento assinado eletronicamente por **Lenice Kappes Becker Oliveira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/08/2021, às 17:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0207175** e o código CRC **66D04A05**.

## RESUMO

O exercício físico é uma atividade muscular que gera força e interrompe a homeostase, provocando uma série de respostas fisiológicas, sendo uma prática muito importante na sociedade atual, seja a nível amador, ou seja, apenas praticante, ou no alto nível. Sendo assim a recuperação muscular pós-exercício físico se torna um fator essencial, já que pode determinar melhores adaptações ao exercício e conseqüentemente melhores resultados, além de ajudar na prevenção de lesões. Desse modo o objetivo desse estudo foi investigar o efeito da suplementação com farinha de invertebrados na recuperação muscular em ratos, após exercício de força na escada. A espécie *Gryllus assimilis* apresenta em sua composição: proteína (65,52 %); minerais(4,08%); lipídeos(21,8%). 51 animais foram divididos em 4 grupos: Controle + ração padrão (CP), controle + ração com farinha de invertebrado (CS), exercício + ração padrão (EP), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES). Os grupos CS e ES receberam a suplementação de 0,9 g/Kg de farinha de invertebrados. Os animais foram submetidos a um exercício em escada, 4 séries de 10 subidas (variável dependente da fadiga) com 93% do peso corporal (1 minuto de descanso entre as séries), após o protocolo de exercício os ratos foram colocados em gaiolas metabólicas por 24 horas, para coleta de fezes, urina, consumo alimentar e ingestão de água. Os animais foram pesados periodicamente e as subidas na escada contabilizadas durante o protocolo, posteriormente foi realizado análise das fezes e amostras da dieta (ração padrão e ração acrescida com farinha de invertebrados) através do método Kjeldahl para determinar o balanço nitrogenado. O peso corporal dos animais não foi diferente entre os grupos: **CP** (286,7 ± 22,04g), **CS** (296,1 ± 38,73g), **EP** (308 ± 22,96g), **ES** (293,5 ± 33,08g), a quantidade de ração ingerida foi significativamente maior para o grupo **CS** (19,84 ± 4,091) em comparação com **ES** (13,9 ± 1,896) e **EP** (15,89 ± 2,512), a quantidade de fezes produzida foi significativamente diferente entre os grupos **CP** (34,86 ± 4,741g) vs **ES** (30,2 ± 8,053) e entre **CS** (33,11 ± 15,11) vs **ES** (30,2 ± 8,053). A quantidade de subidas na escada não foi diferente entre os grupos **ES** (5,8 ± 2,348) vs **EP** (6,556 ± 2,506); o balanço nitrogenado não apresentou diferenças significativas entre os grupos **CP** (3,513 ± 4,386g), **CS** (3,967 ± 1,060g), **EP** (3,160 ± 0,9528), **ES** (3,063 ± 0,8841g). O volume de urina excretada apresentou

diferença significativa entre os grupos **EP** ( $17,30 \pm 3,020\text{ml}$ ) e **ES** ( $17,44 \pm 4,586\text{ml}$ ), porém não apresentou diferença significativa entre os grupos **CS** ( $23,75 \pm 5,036\text{ml}$ ) e **CP** ( $20,14 \pm 3,579\text{ml}$ ).

Até o momento podemos concluir que os animais dos grupos foram homogêneos em relação a quantidade de exercício realizado e que o exercício físico induz a redução da ingestão.

**Palavras-chave:** Recuperação, farinha de invertebrados, aminoácidos, treinamento resistido.

## ABSTRACT

Physical exercise is a muscle activity that generates strength and interrupts homeostasis, causing a series of physiological responses, being a very important practice in today's society, whether at an amateur level, that is, just a practitioner, or at a high level, thus Post-exercise muscle recovery becomes an essential factor, as it can determine better adaptations to exercise and, consequently, better results, in addition to helping to prevent injuries. Thus, the objective of this study is to investigate the effect of supplementation with invertebrate meal on muscle recovery in rats, after resistance exercise on the ladder. Araújo (2017), finds that the species *Gryllus Assimilis* presented in its composition: protein (65.52%); minerals (4.08%); lipids (21.8%). 51 animals were divided into 4 groups: Control + standard CP food, control + diet with invertebrate meal (CS), exercise + standard food (EP), exercise + diet with invertebrate meal (ES). The CS and ES groups received a supplementation of 0.9 g/kg of invertebrate flour. The animals were submitted to a ladder exercise, 4 sets of 10 climbs (fatigue dependent variable) with 93% of body weight (1 minute of rest between sets), after the exercise protocol the rats were placed in metabolic cages for 24 hours, to collect feces, urine, assess food consumption and water intake. The animals were periodically weighed and the climbs on the stairs accounted for during the protocol, then the analysis of feces and samples of the diet (standard chow and chow added with cricket flour) was done using the Kjeldahl method to determine the nitrogen balance. The body weight of the animals was not different between the groups: CP ( $286.7 \pm 22.04\text{g}$ ), CS ( $296.1 \pm 38.73\text{g}$ ), EP ( $308 \pm 22.96\text{g}$ ), ES ( $293.5 \pm 33.08\text{g}$ ), the amount of feed ingested was significantly higher for the CS group ( $19.84 \pm 4.091$ ) compared to ES ( $13.9 \pm 1.896$ ) and EP ( $15.89 \pm 2.512$ ), the amount of feces produced was significantly different between groups CP ( $34.86 \pm 4.741\text{g}$ ) vs ES ( $30.2 \pm 8.053$ ) and between CS ( $33.11 \pm 15.11$ ) vs ES ( $30.2 \pm 8.053$ ). The amount of stair climbing was not different between ES ( $5.8 \pm 2.348$ ) vs EP ( $6.556 \pm 2.506$ ) groups; nitrogen balance showed no significant difference between groups CP ( $3.513 \pm 4.386\text{g}$ ), CS ( $3.967 \pm 1.060\text{g}$ ), EP ( $3.160 \pm 0.9528$ ), ES ( $3.063 \pm 0.8841\text{g}$ ), the volume of urine excreted presented significant difference between the EP ( $17.30 \pm 3.020\text{ ml}$ ) and ES ( $17.44 \pm 4.586\text{ ml}$ ) groups, but there was no significant difference between the CS( $23.75 \pm 5.036$ ) and CP( $20.14 \pm 3.579$ ) groups .

So far, we can conclude that the animals in the groups were homogeneous in relation to the amount of exercise performed and that physical exercise induces a reduction in intake.

Keywords: Recovery, invertebrate flour, amino acids, resistance training.



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de subidas durante o protocolo de exercício .....	18
Gráfico 2: Peso corporal.....	19
Gráfico 3: Ingestão de ração.....	20
Gráfico 4: Ingestão de água.....	21
Gráfico 5: Fezes .....	22
Gráfico 6: Volume de Urina.....	23
Gráfico 7: Balanço nitrogenado.....	24

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delineamento amostral.....	16
--------------------------------------	----

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	METODOLOGIA .....	15
2.1	Cuidados éticos.....	15
2.2	Amostra.....	15
2.3	Suplementação.....	16
2.4	Programa de treinamento.....	16
2.5	Análise de ingestão, produção de fezes e urina.....	17
2.6	Análise do balanço nitrogenado.....	17
2.7	Análise estatística.....	18
3	RESULTADOS.....	18
3.1	Número de subidas.....	18
3.2	Peso corporal.....	19
3.3	Ingestão de ração.....	20
3.4	Ingestão de água.....	21
3.5	Fezes.....	22
3.6	Volume de urina.....	23
3.7	Balanço nitrogenado.....	24
4	DISCUSSÃO .....	24
5	CONCLUSÃO .....	28
	REFERÊNCIAS.....	29
	Apêndice – I: TCLE.....	31

## Efeitos da farinha de invertebrados após exercício físico em ratos

Douglas Félix Coelho  
Lenice Kappes Becker Oliveira

### RESUMO

O exercício físico é uma atividade muscular que gera força e interrompe a homeostase, provocando uma série de respostas fisiológicas, sendo uma prática muito importante na sociedade atual, seja a nível amador, ou seja, apenas praticante, ou no alto nível. Sendo assim a recuperação muscular pós-exercício físico se torna um fator essencial, já que pode determinar melhores adaptações ao exercício e conseqüentemente melhores resultados, além de ajudar na prevenção de lesões. Desse modo o objetivo desse estudo é investigar o efeito da suplementação com farinha de invertebrados na recuperação muscular em ratos, após exercício de força na escada. Araújo (2017), constata que a espécie *Gryllus assimilis* apresentou em sua composição: proteína (65,52 %); minerais(4,08%); lipídeos(21,8%). 51 animais foram divididos em 4 grupos: Controle + ração padrão CP, controle + ração com farinha de invertebrado (CS), exercício + ração padrão (EP), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES). Os grupos CS e ES receberam uma Suplementação de 0,9 g/Kg de farinha de invertebrados. Os animais foram submetidos a um exercício em escada, 4 séries de 10 subidas (variável dependente da fadiga) com 93% do peso corporal (1 minuto de descanso entre as séries), após o protocolo de exercício, os ratos foram colocados em gaiolas metabólicas por 24 horas, para coleta de fezes, urina, avaliar o consumo alimentar e a ingestão de água. Os animais foram pesados periodicamente e as subidas na escadas contabilizadas durante o protocolo, posteriormente foi feito a análise das fezes e amostras da dieta (ração padrão e ração acrescida com farinha de grilo) através do método Kjeldahl, para determinar o balanço nitrogenado. O peso corporal dos animais não foi diferente entre os grupos: **CP**

(286,7 ± 22,04g), **CS** (296,1 ± 38,73g), **EP** (308 ± 22,96g), **ES** (293,5 ± 33,08g), a quantidade de ração ingerida foi significativamente maior para o grupo **CS** (19,84 ± 4,091) em comparação com **ES** (13,9 ± 1,896) e **EP** (15,89 ± 2,512), a quantidade de fezes produzida foi significativamente diferente entre os grupos **CP** (34,86 ± 4,741g) vs **ES** (30,2 ± 8,053) e entre **CS** (33,11 ± 15,11) vs **ES** (30,2 ± 8,053). A quantidade de subidas na escada não foi diferente entre os grupos **ES** (5,8 ± 2,348) vs **EP** (6,556 ± 2,506); o balanço nitrogenado não apresentou diferença significativa entre os grupos **CP** (3,513 ± 4,386g), **CS** (3,967 ± 1,060g), **EP** (3,160 ± 0,9528), **ES** (3,063 ± 0,8841g), o volume de urina excretada apresentou diferença significativa entre os grupos **EP** (17,30 ± 3,020 ml) e **ES** (17,44 ± 4,586ml), porém não apresentou diferença significativa entre os grupos **CS** (23,75±5,036) e **CP** (20,14±3,579). Até o momento podemos concluir que os animais dos grupos foram homogêneos em relação a quantidade de exercício realizado e que o exercício físico induz a redução da ingestão.

**Palavras-chave:** Recuperação, Farinha de invertebrados, aminoácidos, treinamento resistido.

## **ABSTRACT**

Physical exercise is a muscle activity that generates strength and interrupts homeostasis, causing a series of physiological responses, being a very important practice in today's society, whether at an amateur level, that is, just a practitioner, or at a high level, thus Post-exercise muscle recovery becomes an essential factor, as it can determine better adaptations to exercise and, consequently, better results, in addition to helping to prevent injuries. Thus, the objective of this study is to investigate the effect of supplementation with invertebrate meal on muscle recovery in rats, after resistance exercise on the ladder. Araújo (2017), finds that the species *Gryllus Assimilis* presented in its composition: protein (65.52%); minerals (4.08%); lipids(21.8%). 51 animals were divided into 4 groups: Control + standard CP food, control + diet with invertebrate meal (CS), exercise + standard food (EP), exercise + diet with invertebrate meal (ES). The CS and ES groups received a supplementation of 0.9 g/kg of invertebrate flour. The animals were submitted to a ladder exercise, 4 sets of 10 climbs (fatigue dependent variable) with 93% of body weight (1

minute of rest between sets), after the exercise protocol the rats were placed in metabolic cages for 24 hours, to collect feces, urine, assess food consumption and water intake. The animals were periodically weighed and the climbs on the stairs accounted for during the protocol, then the analysis of feces and samples of the diet (standard chow and chow added with cricket flour) was done using the Kjeldahl method to determine the nitrogen balance. The body weight of the animals was not different between the groups: CP ( $286.7 \pm 22.04\text{g}$ ), CS ( $296.1 \pm 38.73\text{g}$ ), EP ( $308 \pm 22.96\text{g}$ ), ES ( $293.5 \pm 33.08\text{g}$ ), the amount of feed ingested was significantly higher for the CS group ( $19.84 \pm 4.091$ ) compared to ES ( $13.9 \pm 1.896$ ) and EP ( $15.89 \pm 2.512$ ), the amount of feces produced was significantly different between groups CP ( $34.86 \pm 4.741\text{g}$ ) vs ES ( $30.2 \pm 8.053$ ) and between CS ( $33.11 \pm 15.11$ ) vs ES ( $30.2 \pm 8.053$ ). The amount of stair climbing was not different between ES ( $5.8 \pm 2.348$ ) vs EP ( $6.556 \pm 2.506$ ) groups; nitrogen balance showed no significant difference between groups CP ( $3.513 \pm 4.386\text{g}$ ), CS ( $3.967 \pm 1.060\text{g}$ ), EP ( $3.160 \pm 0.9528$ ), ES ( $3.063 \pm 0.8841\text{g}$ ), the volume of urine excreted presented significant difference between the EP ( $17.30 \pm 3.020\text{ ml}$ ) and ES ( $17.44 \pm 4.586\text{ ml}$ ) groups, but there was no significant difference between the CS( $23.75 \pm 5.036$ ) and CP( $20.14 \pm 3.579$ ) groups. So far, we can conclude that the animals in the groups were homogeneous in relation to the amount of exercise performed and that physical exercise induces a reduction in intake.

**Keywords:** Recovery, invertebrate flour, amino acids, resistance training.

## 1 INTRODUÇÃO

A recuperação pós-exercício é um aspecto bastante importante dentro de todo programa de condicionamento físico, tanto para praticantes e atletas, como para técnicos e diversos profissionais ligados à área da saúde (BARNETT, 2006). A recuperação pós-exercício consiste em restaurar os danos fisiológicos causados pelo exercício, e através de uma boa recuperação, podemos otimizar os ganhos e principalmente evitar lesões.

As principais modificações sofridas pelo tecido muscular em resposta ao exercício físico estão ligadas ao mecanismo de ativação das células satélites, situadas entre o sarcolema e a lamina basal dos músculos. Essas células ficam inativas e se diferenciam em resposta a algum stress causado as fibras musculares, como os danos causados pelos exercícios físicos. (SHAMIN, HAWLEY E CAMERA 2018). A partir do momento em que o musculo é lesionado, vários mecanismos fisiológicos são ativados com o objetivo de reparação dos tecidos. As etapas de reparo são bastante complexas tais como a liberação de mediadores químicos, recrutamento, ativação e proliferação celular, esses mecanismos de reparo, ao final, visam, quando possível a recuperação morfológica e funcional do tecido lesionado(CEAFALAN; POPESCU; HINESCU, 2014). As fases de reparo dos tecidos musculares estriados esqueléticos se assemelham a de vários outros tipos de tecidos considerando o pós lesão, sendo as seguintes: degeneração/inflamação, reparação, fibrose e remodelação (CARLSON; FAULKNER, 1983). Durante o treinamento, uma sucessão inadequada, na relação estímulo-recuperação, pode levar a uma condição de *overreaching* ou até mesmo de *overtraining* (FOSTER, 1998).

Levando em consideração os procesos descritos anteriormente, a metodologia utilizada apresenta-se eficaz quanto ao modelo de treinamento capaz de permitir modificações significativas para a recuperação mais efetiva após o exercício. A escolha pelo modelo animal se deu pela similaridade biológica do mesmo em relação ao ser humano, e pelo fato de ser testar o uso e benefícios de um suplemento novo em animais, anteriormente a testá-lo em humanos, por questões éticas e financeiras. Acrescido a isso, e não menos importante, a maioria dos estudos experimentais se deu com roedores, especialmente com o rato, tornando a interpretação dos resultados mais precisas, visto os estudos já realizados e existentes na literatura.

Visando a aceleração da recuperação muscular pós-exercício muitos métodos vem sendo desenvolvidos, entre os quais temos: Massagem, crioterapia; antioxidantes; Suplementação, dentre outros. Dentre esses, a suplementação tem sido um dos mais eficazes para maximizar a recuperação.

Os principais suplementos utilizados antes, durante e após o exercício físico são a base de carboidratos, proteínas, aminoácidos de cadeia ramificada e os antioxidantes. Segundo (KERKSICK *et al.* 2008), O momento da ingestão e a composição do suplemento consumido após o exercício podem aprimorar o processo de recuperação e o reparo tecidual após exercício de alto volume. Uma boa disponibilidade de aminoácidos essenciais, principalmente os de cadeia ramificada (BCAA's), tem sido relacionada com uma melhora na recuperação muscular, que ocorre por meio da otimização da taxa de ressíntese de proteínas e de glicogênio após o exercício (IVY, 1998; IVY *et al.*, 2002; TARNOPOLSKI, 1997). Esses estudos mostram que a ingestão de carboidratos (1,5 g/dia/kg) 30 minutos após o exercício promove a restauração do glicogênio muscular, e com a adição de proteína, na forma de aminoácidos essenciais pode maximizar a ressíntese de proteínas e glicogênio muscular. Os estudos mostraram que a suplementação com proteína ou uma associação de proteína e carboidrato pode promover a proteção contra lesões musculares induzidas pelo exercício (DA SILVA. L, P, O *et al.* 2013).

Uma possível alternativa de fonte de proteína seria proveniente de insetos. Isso porque, os insetos possuem um ciclo reprodutivo rápido; apresentam altas taxas de crescimento e de conversão alimentar e baixo impacto ambiental em seu ciclo de vida; podem ser criados a partir de diversos substratos, até rejeitos alimentares, podendo ser consumidos de formas diversas. Por fim, ressalta-se, que são extremamente nutritivos, possuem alto teor proteico, bem como de ácidos graxos e minerais (FAO, 2015).

Araújo (2017), constata que a espécie *Gryllus assimilis* apresentou 65,52 % de proteínas; 4,08% de minerais e 21,8% de lipídeos, enquanto que a espécie *Zophobas morio* apresentou 46,8% de proteínas; 8,17% de minerais e 43,64% de lipídeos. Resultado significativo quando comparado às fontes proteicas de origem animal, que apresentam em g/100g de frango; miolo de alcatra; lombo suíno e filé de merluza, respectivamente 20,6g; 21,6g; 22,16g e 16,6g, respectivamente. Em um trabalho semelhante, feito com humanos, Vangsoe, M.T, *et al.* 2018, constatou que com a suplementação de 0,4g/kg corporal de um complexo proteico a base de farinha de invertebrado, em um



protocolo experimental de 8 semanas, verificou-se que não houve diferença significativa em relação a hipertrofia. Interessante ressaltar que no presente estudo foi utilizado o modelo animal, e a suplementação com farinha de invertebrados foi de 0,9g/kg

Diante da biodisponibilidade encontrada para a farinha de invertebrados, decidiu-se avaliar o efeito da suplementação com farinha de invertebrados associado ao exercício de força, na recuperação muscular.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 CUIDADOS ÉTICOS**

Este estudo foi realizado conforme todos os cuidados necessários e exigidos pela Lei Arouca (11.794/08), bem como as orientações do Cobeia (Colégio Brasileiro de Experimentação Animal) e aprovado no comitê de ética em uso de animais da Universidade Federal de Ouro Preto sob protocolo de número 3637041219.

### **2.2 AMOSTRA**

A amostra foi composta por 51 ratos, machos, da linhagem Wistar, com média de 200 a 400 gramas de massa corporal ao início do estudo e dois meses de idade. Foi realizado um estudo randomizado, controlado, subdivididos em 4 grupos: Controle + ração padrão (CP, n=13); controle + ração com farinha de invertebrado (CS, n=14), exercício + ração padrão (EP, n=11), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES, n=13). Os animais foram alocados em gaiolas apropriadas, mantidos a uma temperatura de 23° C, em um ciclo claro – escuro de 12 horas.

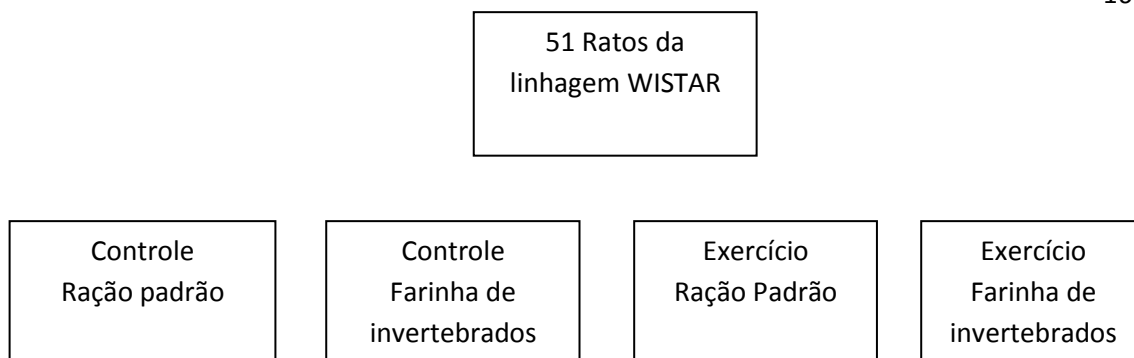


Figura 1: Delineamento amostral

### 2.3 SUPLEMENTAÇÃO

Aos animais não suplementados foi oferecida ração padrão na mesma quantidade, triturada, com 22% de proteína (caseína), da marca Nuvilab® e água ad libitum. A ração oferecida ao grupo suplementado era composta pela ração padrão triturada, acrescida de farelo da proteína advinda do *Gryllus assimilis* (0,9g/kg corporal). Para garantir que o rato faça a ingestão de 0,9 g/Kg, considerando uma ingestão de 10 a 30 gramas por dia, foram misturados 100 gramas de grilo para 1900 g de ração. Cada grama teve 0,05g de grilo, considerando a média do grupo de 300 gramas de peso cada rato deve ingerir 0,27 gramas.

### 2.4 PROGRAMA DE TREINAMENTO

Os animais foram submetidos a um protocolo de exercício de escalada em escada, adaptado de HORNERBERG e FARRAR, 2004. Após um período de adaptação de 3 dias (sem utilização de carga), os animais foram submetidos a um exercício em escada (1,0 x 18cm, 2cm de espaçamento entre degraus e 80° de inclinação), 4 séries de 10 escaladas (variável dependente da fadiga) com 93% do peso corporal preso a sua calda do animal por meio de fita adesiva e um recipiente de formato esférico, diminuindo o atrito com os degraus, (1 minuto de descanso entre as séries), após o protocolo de exercício os ratos foram colocados em gaiolas metabólicas por 24 horas, para coleta de fezes, urina, avaliar o consumo alimentar e a ingestão de água. A eutanásia foi feita com uso de anestésico gasoso. A coleta de material foi feita 24 horas depois da

aplicação do protocolo de exercício. Foram feitas análises de desempenho através da percepção de fadiga dos animais, número de repetição e tempo de subida em escada.

## 2.5 ANÁLISE DE INGESTÃO, PRODUÇÃO DE FEZES E URINA

Os ratos foram alocados em gaiolas metabólicas (Tecnoplast® SPA) equipadas com coletores individuais de fezes e urina, bem como bebedouros e comedouros que permitem a medição da quantidade de ração e água consumidos, a coleta foi feita 24 horas depois da entrada dos animais.

## 2.6 ANÁLISE DO BALANÇO NITROGENADO

O balanço nitrogenado foi calculado através do método Kjeldahl. O método Kjeldahl é dividido em três etapas distintas, são elas: Digestão; Destilação e Titulação. Na digestão as amostras de fezes já pesadas (aproximadamente 0,300g) recebem uma mistura catalítica e ácido sulfúrico concentrado para fazer digestão da matéria orgânica, posteriormente as amostras são aquecidas a aproximadamente 350°C durante 24 horas. Na etapa de destilação as amostras recebem hidróxido de sódio (50%), que reage com a amostra separando amônia da mesma, na saída do equipamento (destilador) há um recipiente contendo ácido bórico e um indicador. Já na etapa final (Titulação), o mesmo recipiente é colocado em uma bureta contendo ácido clorídrico e um indicador, que são titulados no borato de amônio obtido na etapa de destilação. A quantidade de ácido clorídrico utilizada até o momento da titulação, bem como a massa inicial da amostra serão utilizados para o cálculo do balanço nitrogenado.

## 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados por meio do programa estatístico Graph Pad® Prisma 6.0, com os valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão. A normalidade de distribuição dos dados foi verificada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, depois do qual foi realizada a análise de variância one-way e two-way ANOVA, com pós teste de Tukey e Sidak, respectivamente, para comparações múltiplas das médias entre os grupos com distribuição normal.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 NÚMERO DE SUBIDAS

O número de movimentos dinâmicos de escalada vertical foi avaliado e contabilizado os durante a realização do protocolo. Posteriormente, foi calculada a média de escaladas. Importante destacar que não houve diferença significativa entre os grupos (EP) e (ES), chegando a uma média de subida de 40 vezes.

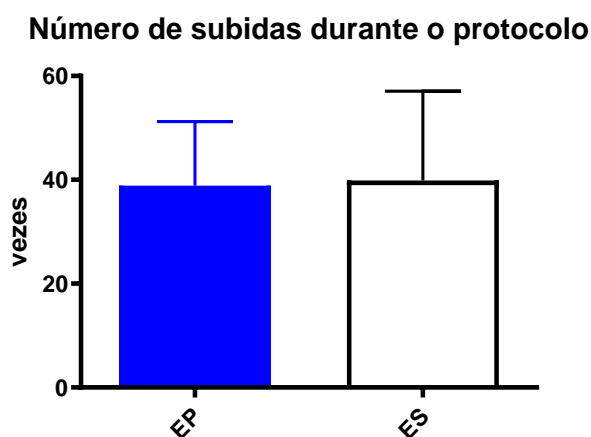


Gráfico 1: Número de subidas realizadas na escada pelos grupos: exercício + ração padrão (EP), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES).

### 3.2 PESO CORPORAL

O peso corporal foi avaliado periodicamente em média a cada 05 dias, para fazer o acompanhamento do ganho de peso dos animais e não houve diferença significativa entre os grupos.

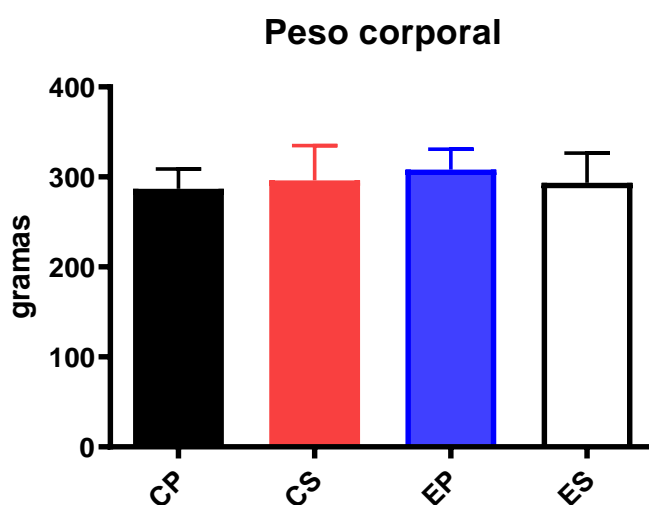


Gráfico 2: Valores do peso corporal dos grupos:

Controle + ração padrão CP, controle + ração com farinha de invertebrado (CS), exercício + ração padrão (EP), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES).

### 3.3 INGESTÃO DE RAÇÃO

A ingestão de ração foi calculada através da subtração da quantidade oferecida (100 gramas) da quantidade de ração consumida pelos animais em 24 horas (período que os animais permaneceram na gaiola metabólica). Interessante observar que o consumo de ração foi menor nos grupos treinados, ou seja, que realizaram o protocolo de exercício.

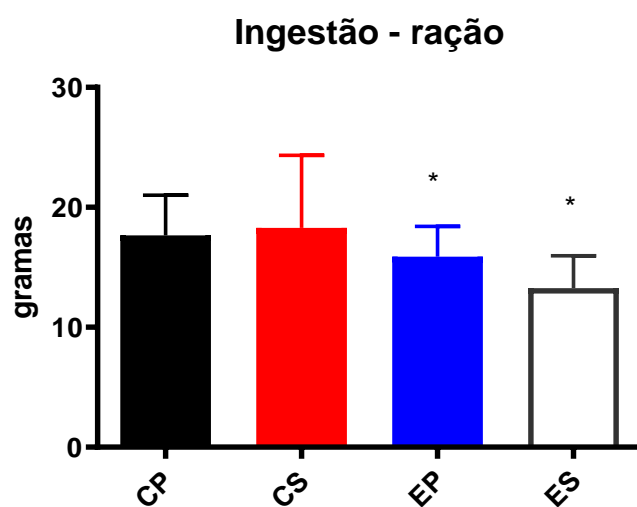


Gráfico 3: Valores do consumo de ração dos grupos:

Controle + ração padrão CP, controle + ração com farinha de invertebrado (CS), exercício + ração padrão (EP), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES). \*  $p < 0,04$  CS em comparação com ES e EP

### 3.4 INGESTÃO DE ÁGUA

A ingestão de água foi calculada verificando a quantidade de água ingerida em 24 horas, já que a quantidade de água oferecida para os animais na gaiola metabólica era medida e padronizada, basta verificar o valor consumido e subtrair a perda, e se tem o valor ingerido de cada animal. Podemos verificar no gráfico abaixo que o consumo de água não teve diferença significativa.

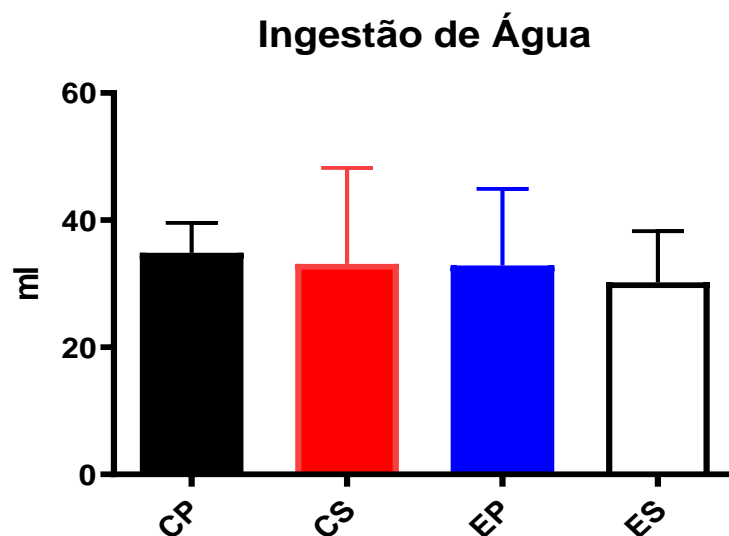


Gráfico 4: Valores de consumo de água dos grupos: Controle + ração padrão CP, controle + ração com farinha de invertebrado (CS), exercício + ração padrão (EP), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES).

### 3.5 FEZES

A quantidade de fezes produzidas pelos animais foi calculada verificando a quantidade de fezes que cada animal produziu em 24 horas, utilizando a gaiola metabólica. Interessante verificar que os animais que realizaram o protocolo de exercício produziram menor quantidade de fezes, isso pode ter relação direta com o fato de que os animais treinados consumiram menor quantidade de ração.

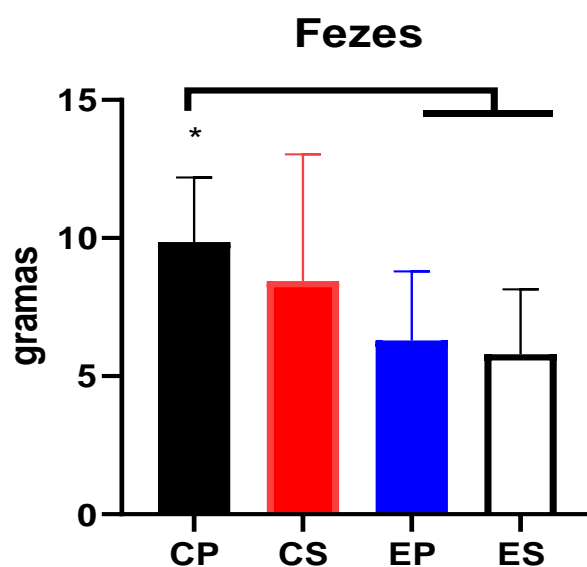


Gráfico 5: Valores da quantidade de fezes dos grupos: Controle + ração padrão CP, controle + ração com farinha de invertebrado (CS), exercício + ração padrão (EP), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES)  
\* $p < 0,03$  CP vs EP e ES



### 3.6 VOLUME DE URINA

O volume de urina foi calculado verificando a produção de cada animal após 24 horas em gaiola metabólica. Nota-se que os grupos que realizaram o protocolo de exercício físico produziram uma menor quantidade de urina, apesar do resultado do consumo de água que não deu diferença significativa.

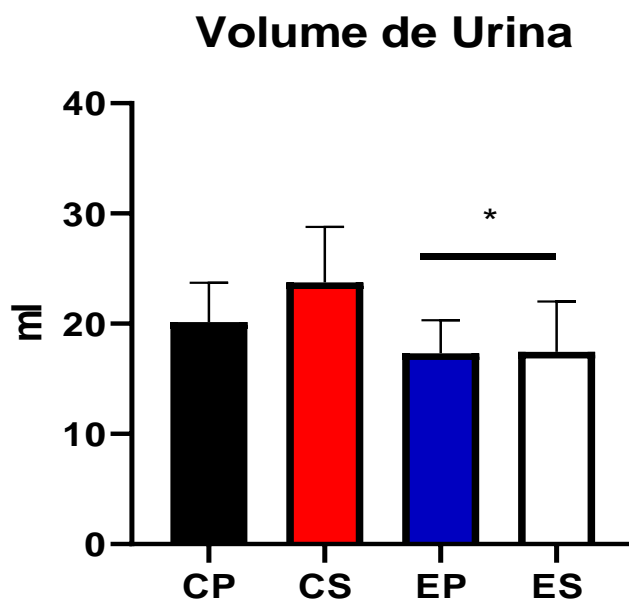


Gráfico 6: Valores da quantidade de urina dos grupos: Controle + ração padrão CP, controle + ração com farinha de invertebrado (CS), exercício + ração padrão (EP), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES)  
\* $p < 0,03$  CP vs EP e ES,  $P < 0,008$  em comparação com CP e CS

### 3.7 BALANÇO NITROGENADO

O balanço nitrogenado foi calculado utilizando o método Kjeldahl, onde há as etapas de digestão a aproximadamente 350°C, destilação e titulação. as fezes e a ração (padrão e suplementada) são pesadas sabendo a massa, o material passa pelo processo de digestão, destilação e posteriormente de titulação onde é observado a quantidade de ácido clorídrico (HCL) que posteriormente será utilizado para determinar o balanço final de nitrogênio.

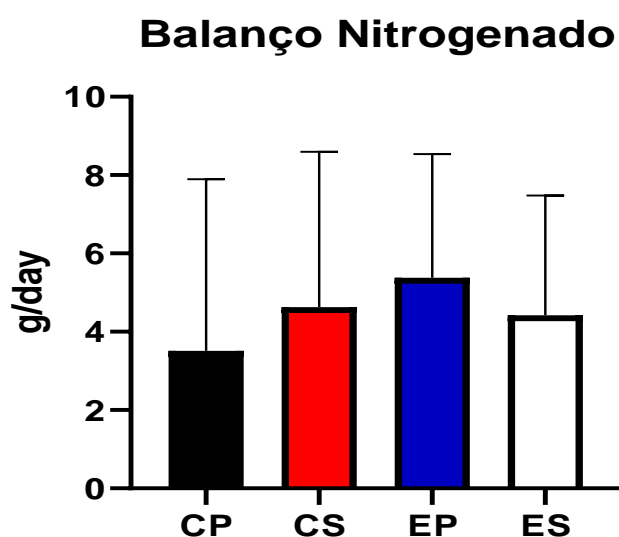


Gráfico 7: Balanço nitrogenado dos grupos: Controle + ração padrão CP, controle + ração com farinha de invertebrado (CS), exercício + ração padrão (EP), exercício + ração com farinha de invertebrado (ES).

#### 4 DISCUSSÃO

Após análise dos dados coletados é possível perceber que apenas no consumo alimentar, produção de fezes e na produção de urina houve diferença significativa, e que os outros dados não apresentaram diferença.

O número de subidas na escada foi contabilizado para cada animal, nesse sentido verificamos que não houve diferença significativa entre os grupos, EP e ES ( $\pm 40$  subidas). O que indica uma uniformidade no número de subidas entre os grupos e o alcance do mínimo de 40 repetições de subidas na escada. Em estudo semelhante (H.A de OLIVEIRA, *et al.* 2018), também verificaram que os animais mantiveram uma média de subidas na escada corroborando com os achados do presente estudo.

O peso corporal dos animais não foi diferente entre os grupos. Levando em consideração que se trata de um protocolo experimental agudo, ou seja a farinha de invertebrados misturada a ração padrão foi oferecida aos animais logo após a realização do protocolo de subida em escada e 24 horas antes da eutanásia, não foi possível ter clareza sobre o efeito da farinha de invertebrados sobre o aumento ou a diminuição do peso corporal dos animais. Indo de encontro aos nossos achados, em um estudo conduzido por VANGSOE, M.T, *et al.* 2018 em humanos, em protocolo crônico (quatro semanas), não foi observado um aumento do peso corporal dos participantes, em contrapartida houve diferença significativa na massa livre de gordura nos grupos treinados.

A quantidade de ração ingerida foi significativamente maior para o grupo **CS** em comparação com **ES** e **EP**. Existe a hipótese de que o exercício físico pode ter induzido o animal a uma menor ingestão de alimento. Eguchi, R, *et al.* (2008), relataram que a prática de exercício físico, além produzir os efeitos já conhecidos, como aceleração da lipólise e consequente redução do peso corporal, também pode induzir a produção do hormônio da saciedade, a leptina, resultando em uma menor ingestão alimentar.

A quantidade de água ingerida não foi diferente entre os grupos, no entanto, esperava-se um consumo maior dos animais que realizaram o protocolo de exercício. Em um estudo realizado por Harkenness & Wagner, (1993), constataram que um animal pesando aproximadamente 300g, consome em média 10ml de água a cada 100g de peso corpóreo/dia. A ingestão de água durante o exercício físico pode ser fator determinante para um melhor desempenho, já que um déficit na hidratação pode ocasionar efeitos negativos ao organismo durante e após o exercício físico (SAWKA, M. N. *et al.* 2012). Levando em consideração o consumo de água pelos animais antes e durante da realização do protocolo, podemos concluir que o consumo de água não afetou o desempenho dos animais.

A quantidade de fezes produzida foi significativamente diferente entre CP vs ES e entre CS vs ES. Sendo menor nos grupos que fizeram o exercício físico, podemos fazer uma analogia direta com a ingestão de ração que também foi menor nos grupos que realizaram o exercício físico, reafirmando a hipótese de que o exercício físico leva a uma redução no consumo alimentar.

O volume de urina produzida apresentou diferença significativa entre os grupos **EP** e **ES**, porém não apresentou diferença significativa entre os grupos **CS** e **CP**. Nos levando a pensar que os animais treinados excretam uma menor quantidade de urina devido ao stress fisiológico causado pelo exercício físico. Um rato adulto, pesando em média 300g produz em média 7,8ml/urina/dia (CARVALHO, G.D, *et al.* 2009). Mostrando que os animais treinados ficaram na média.

A análise de balanço nitrogenado não apresentou resultado significativo. Levando em consideração que se trata de um protocolo agudo, ou seja, as amostras de fezes foram coletadas 24 horas depois da realização do exercício físico, não podemos concluir que o processo de síntese proteica foi completado, por tanto, seria necessário fazer a mesma análise com um tempo maior de tratamento pós a realização do exercício físico. Fontes, T.V, *et al.* (2017), constatam que a digestibilidade da farinha de grilo é de

aproximadamente 80%, em comparação com *Tenebrio Gigante* (81,19%) e *Tenebrio Comum* (88,68%).

A massa muscular esquelética é fundamental para manutenção e preservação da saúde metabólica e da locomoção ao longo da vida. Além da importância na produção de força contrátil, tem um grande papel para o gasto energético em repouso. Entre os atletas há grande interesse na manutenção do músculo esquelético e aumento da resposta adaptativa ao treinamento de exercício físico (isto é, produção de força melhorada e aumento do tamanho do músculo: hipertrofia) com o objetivo de maximizar o desempenho físico. Portanto a maximização da hipertrofia bem como uma boa recuperação pós exercício físico tem sido objeto de muitos estudos, tanto no âmbito do exercício físico como na medicina. Há uma gama bastante grande de estudos que buscam mostrar que o tamanho do músculo esquelético bem como a sua recuperação são dependentes de processos cinéticos de síntese de proteína muscular (STOKES T, *et al.* 2018)

A criação de insetos com objetivo de servir como alimentação humana, mostrou-se como uma das mais promissoras soluções para o problema da sustentabilidade. Se comparado com a pecuária, que é hoje nossa principal fonte de proteína, a produção de insetos é um grande viés, dentre outros fatores podemos citar a menor emissão de gases do efeito estufa se comparado a produção de carne bovina, por exemplo, bem como uma menor produção de amônia durante sua produção. (HUIS; DICKE; VAN LOON, 2015).

Frente aos resultados encontrados, bem como o confronto com a literatura, a recuperação muscular tem grande importância na prática do exercício físico, bem como a suplementação é um dos melhores meios para que o músculo esquelético se adapte da melhor forma ao esforço físico, porém, novos estudos são necessários para investigar as hipóteses levantadas com as análises feitas.

## 5 CONCLUSÃO

Até o momento podemos concluir que os animais dos grupos foram homogêneos em relação a quantidade de exercício realizado e que o exercício físico induz a redução da ingestão de ração, menor produção de fezes e diminuição na produção de urina.

**Perspectivas futuras:** Análises futuras ainda devem ser processadas para avaliar o nível da lesão muscular produzida, bem como os possíveis efeitos da suplementação com a farinha de invertebrado. Será analisado os níveis de creatina quinase, lactato desidrogenase e análises histomorfométricas do tecido muscular.

## REFERÊNCIAS

BARNETT, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports Medicine*, Auckland, v.36, no. 9, p. 781-796, 2006.

CARVALHO, G.D.; MASSENO, A.P.B.; ZANINI, M.S.; ZANINI, S.F.; PORFÍRIO, L.C.; MACHADO, J.P.; MAUAD, H. Avaliação clínica de ratos de laboratório (*Rattus norvegicus* linhagem Wistar): parâmetros sanitários, biológicos e fisiológicos. *Revista Ceres*, vol. 56, n. 1, p. 051-057, 2009.

CEAFALAN, L. C.; POPESCU, B. O.; HINESCU, M. E. Cellular players in skeletal muscle regeneration. *BioMed Research International*, v. 2014, 2014.

Carlson BM, Faulkner JA. The regeneration of skeletal muscle fibers following injury: a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 15: 187–198, 1983

De Oliveira, H.A.; Antonio, E.L.; Silva, F.A.; de Carvalho, P.T.C.; Feliciano, R.; Yoshizaki, A.; Vieira, S.S.; de Melo, B.L.; Leal-Junior, E.C.P.; Labat, R.; et al. Protective effects of photobiomodulation against resistance exercise-induced muscle damage and inflammation in rats. *J. Sports Sci.* 2018, 36, 2349–2357.

EGUCHI, R, Cheik NC, Oyama LM, Nascimento CMO, Mello MT, Tufik S, et al. Efeitos do exercício crônico sobre a concentração circulante da leptina e grelina em ratos com obesidade induzida por dieta. *Rev Bras Med Esporte* 2008;14:182-7.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 30, no. 7, p. 1164-1168, 1998.

FONTES, T. V. Coeficiente de digestibilidade de farinha de insetos na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). 62 p. Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2017.

HORNERBERG, TA, Farrar RP. Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. *Can Journal Appl Physiol* 2004;29(1):16-31.

Harkness JE & Wagner JE (1993) *Biologia e Clínica de Coelhos e Roedores*, 3ª ed. São Paulo, Roca. 238p.

IVY, J. L. Glycogen resynthesis after exercise: effect of carbohydrate intake. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 19, no. 2, p. 142-145, jun.1998.

IVY, J. L. *et al.* Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with carbohydrate-protein supplement. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 93, no. 4, p. 1337-1344, oct. 2002.

KERKSICK, C. *et al.* International society of sports nutrition position stand: Nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, Woodland Park, v. 3, p. 5-17, oct.

PLATONOV, V. N. *La adaptación en el deporte*. Barcelona: Paidotribo, 1992.

SHAMIM, Baubak; HAWLEY, John A.; CAMERA, Donny M. Protein Availability and Satellite Cell Dynamics in Skeletal Muscle. *Sports Medicine*, p. 1-15, 2018.

SILVA, L.P.O. *et al.* Métodos de recuperação muscular pós exercício. *Rev. Educ. Fis/UEM*, v. 24, n. 3, p. 489-508, 3. trim. 2013.

STOKES T, Hector AJ, Morton RW, Mcglory C, Phillips SM. Recent perspectives regarding the role of dietary protein for the promotion of muscle hypertrophy with resistance exercise training. *Nutrients*. 2018;10(2).

SAWKA, M. N. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 39, no. 2, p. 377-390, 2007.

VAN HUIS, Arnold; DICKE, Marcel; VAN LOON, Joop J. A. *Insects to feed the world*. 2015.

VANGSOE, M.T.; Joergensen, M.S.; Heckmann, L.L.; Hansen, M. Effects of Insect Protein Supplementation during Resistance Training on Changes in Muscle Mass and Strength in Young Men. *Nutrients* 2018, 10.



**APÊNDICE I-TCLE- ESTE PROJETO DE PESQUISA TEM A APROVAÇÃO DO CONSELHO DE ÉTICA DE USO DE ANIMAIS (CEUA) SOB O NÚMERO DE PROTOCOLO 3637041219.**



**Comissão de Ética  
no Uso de Animais**

**CERTIFICADO**

Certificamos que a proposta intitulada "Efeitos da proteína de invertebrados na recuperação muscular após o exercício físico em ratos", protocolada sob o CEUA nº 3637041219 (ID 000315), sob a responsabilidade de **Lenice Kappes Becker** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Ouro Preto (CEUA/UFOP) na reunião de 28/02/2020.

We certify that the proposal "Invertebrate protein effects in muscle recovery after exercise in rats", utilizing 90 Heterogenics rats (90 males), protocol number CEUA 3637041219 (ID 000315), under the responsibility of **Lenice Kappes Becker** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the Ouro Preto Federal University (CEUA/UFOP) in the meeting of 02/28/2020.

Finalidade da Proposta: [Pesquisa \(Acadêmica\)](#)

Vigência da Proposta: de [03/2020](#) a [03/2022](#) Área: [Ciências Biológicas](#)

Origem: [Centro de Ciência Animal](#)

Espécie: [Ratos heterogênicos](#)

sexo: [Machos](#)

idade: [2 a 4 meses](#)

N: [90](#)

Linhagem: [Wistar](#)

Peso: [250 a 400 g](#)

Local do experimento: [Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física](#)

Ouro Preto, 28 de fevereiro de 2020

Prof. Dra. Paula Melo de Abreu Vieira  
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Dr. Leonardo Máximo Cardoso  
Vice-Cordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Universidade Federal de Ouro Preto