

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Programa de Pós-graduação em Alimentos e Saúde

Michela Abreu Francisco Alves

**EFEITO DE UM SUPLEMENTO ALIMENTAR HIPERPROTEICO À BASE DO
BURITI (*Mauritia Flexuosa* L.) NA FORÇA MUSCULAR E METABOLISMO DE
CAMUNDONGOS SUBMETIDOS A EXERCÍCIO RESISTIDO.**

Montes Claros

2024

Michela Abreu Francisco Alves

**EFEITO DE UM SUPLEMENTO ALIMENTAR HIPERPROTEICO
À BASE DO BURITI (*Mauritia Flexuosa L.*) NA FORÇA MUSCULAR E
METABOLISMO DE CAMUNDONGOS SUBMETIDOS A EXERCÍCIO RESISTIDO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Saúde (PPGAS) da Universidade Federal de Minas Gerais como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Alimentos e Saúde.

Área de concentração: Alimentos e Saúde

Orientador: Prof. Dr. Sidnei Tavares dos Reis

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Henrique
Sousa Santos

Montes Claros

2024

Alves, Michela Abreu Francisco.

A474e
2024 Efeito de um suplemento alimentar hiperproteico à base do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) na força muscular e metabolismo de camundongos submetidos a exercício resistido[manuscrito]/ Michela Abreu Francisco Alves. Montes Claros, 2024.
107f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Alimentos e Saúde.
Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Sidnei Tavares dos Reis

Banca examinadora: Sidnei Tavares dos Reis, Sérgio Henrique Sousa Santos, Ivan Pires de Oliveira, Carla Jeane Aguiar.

Inclui referências: f. 71-76; 96-104

1. Nutracêutico – Teses. 2. Proteínas – Síntese – Teses. 3. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos – Teses. 4. Inatividade física – Teses. 5. Nutrição – Teses. I. Reis, Sidnei Tavares dos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 613.2:796

ATA DEFESA DE DISSERTAÇÃO



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 25 dias do mês de outubro de 2024 às 8:00 horas, sob a Presidência do Prof. Sidnei Tavares dos Reis, Dr. Sc. (Orientador – UFMG/ICA) e com a participação dos Professores Sérgio Henrique Sousa Santos, Dr. Sc. (Coorientador - UFMG/ICA), Ivan Pires de Oliveira, Dr. Sc. (UFMG/ICA) e Carla Jeane Aguiar, Dr. Sc. (IPS/Unimontes), reuniu-se, presencialmente, a Banca de defesa de dissertação da Discente **Michela Abreu Francisco Alves**, aluna do Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde. O resultado da defesa de dissertação intitulada: **"Efeito de um suplemento alimentar hiperproteico à base de buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) na força muscular e metabolismo de camundongos submetidos a exercício físico resistido"**, sendo a aluna considerada **aprovada**. E, para constar, eu, Professor Sidnei Tavares dos Reis, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências onde a candidata deverá, após a aprovação de sua Dissertação ou Tese e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do Colegiado do Programa, com a anuência do orientador, no mínimo 1 (um) exemplar impresso e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação no prazo máximo de 30 (trinta) dias.

Montes Claros, 25 de outubro de 2024.

 Documento assinado digitalmente
SIDNEI TAVARES DOS REIS
Data: 04/11/2024 10:01:27-0380
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Sidnei Tavares dos Reis
Orientador

 Documento assinado digitalmente
SÉRGIO HENRIQUE SOUSA SANTOS
Data: 04/11/2024 18:51:45-0390
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Sérgio Henrique Sousa Santos
Coorientador

 Documento assinado digitalmente
IVAN PIRES DE OLIVEIRA
Data: 04/11/2024 19:13:38-0380
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Ivan Pires de Oliveira
Membro

 Documento assinado digitalmente
CARLA JEANE AGUIAR
Data: 04/11/2024 20:29:32-4380
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Carla Jeane Aguiar
Membro

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG

Reitora: Sandra Regina Goulart Almeida

Vice-Reitor: Alessandro Fernandes Moreira

Pró-Reitor de Pesquisa: Fernando Marcos Reis

Pró-reitor de Pós-graduação: Isabela Almeida Pordeus

CURSO DE MESTRADO EM ALIMENTOS E SAÚDE (CMAS)

Coordenador: Prof. Dr. Igor Viana Brandi

Subcoordenador: Prof. Dr. Ivan Pires de Oliveira

Dedico a Deus, minha família, amigos, colaboradores e camundongos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao onipotente, Deus, Altíssimo, Todo-Poderoso que me fortaleceu, iluminou minha caminhada em busca do aperfeiçoamento constante tanto profissional quanto espiritual e me trouxe a todo momento o discernimento quanto aos desafios apresentados. Me abençoou sempre... gratidão Senhor.

Agradeço a Nossa Senhora das graças por me manter saudável nesta caminhada, e a Nossa Senhora Aparecida, que ainda está me ajudando a organizar minha vida... Gratidão Minha mãe do Céu...

Agradeço ao meu pai (*in memoriam*), que me ensinou como ser honesta, persistente, carinhosa, amorosa, apaixonada pelas pessoas. Era meu lado leve da vida... te amo para sempre. Que foi muito novo para os braços do pai... saudades. Obrigada pelos ensinamentos da vida. Gratidão meu veio...

Agradeço aos meus irmãos, Mônica, Fernando e Heitorzinho com todo afeto. Gratidão família....

A minha eterna professora “Marleninha” minha mãe querida, que tanto admiro, exemplo de professora e pessoa. Obrigada por você estar aqui nesse momento tão importante. Meu amor, gratidão...

A minha outra inspiração de professora e ser humano, meu Amor Marilda, a você peço desculpa pelas minhas inquietações, irritações, inseguranças, meus desabafos, enfim, foram muitas as perturbações transmitidas a você. Gratidão eterna Marildinha...

A minha Tia Beatriz, minha segunda mãe, obrigada pelas palavras de incentivo e desculpa pela ausência constante. Gratidão Tia linda...

A minha amiga irmã Florionice “Nicinha” por me inspirar ser melhor a cada dia, e sempre com palavras positivas “o universo conspira ao nosso favor” Gratidão...

Eu registro aqui o meu imenso agradecimento ao meu Coorientador Professor Sérgio, que em muitos momentos me orientou, apoiou, ensinou, que particularmente foi um aprendizado além da dissertação, foi muito maior que um orientador/coorientador; ainda me lembro da primeira vez que conversei com o professor Sérgio em um simples e-mail interessada em um projeto paralelo, momento em que ele me adotou como sua aluna de mestrado, uma aluna com sede de aprender, ansiosa e aflita... obrigada pela oportunidade de crescimento e aprendizagem. Gratidão Professor Sérgio...

Agradeço ao orientador Sidnei, pela recepção e atenção. Gratidão...

Meus sinceros agradecimentos a Vera minha parceira de pesquisa, que me ensinou como ser mais organizada, companheira, parceira, leal, dinâmica, cuidadosa, foram tantas trocas, foi muito enriquecedor nosso encontro nesse momento. Gratidão Verita...

Gratidão aos animais (AIN93-M PDD... Whey Dorso..., Buriti Calda.... etc...) utilizados nesta pesquisa, os quais foram sacrificados em favor da pesquisa científica.

Sinto honrada com tantos encontros, trocas, amizade que me ajudaram nos momentos mais difíceis, aqui agradeço em especial, Vera novamente, Bruna e Andreia. Sem vocês eu não teria conseguido. Gratidão mulherada...

Aos amigos de luta diária, Isadora, Thiago, Daniel. Gratidão amores...

Aos companheiros de jornada diária Mauro, Douglas, André, Edna, Amanda, Maisa, Carla Jeane, Carla, Eloá, Sabrina, Samara, Katherine, enfim todos do laboratório de informática, no qual é um lugar de estudo, mas também de trocas de saberes. Gratidão...

Não poderia deixar de agradecer a Lorena e Vitória que me ensinaram o que sei de Cultura de célula e te admiro pelo seu jeito de ser Lorena. Gratidão....

E agradecer uma escolha assertiva do nosso professor Sérgio em relação a nossa Chefinha “morde e assopra” Carla, você é uma professora que tem o prazer de ensinar, instiga a todos a estudar, ter disciplina, e dedicar. Gratidão Chefinha...

Aos funcionários do HUCF agradeço a Patologia Clínica ao Laboratório de Análises Clínicas ao Wilson e colegas. Gratidão

Aos colegas do mestrado por todos os momentos compartilhados. Gratidão...

Ao Dorival e a Maria Clara meu muito obrigada por tudo que vocês me ajudaram nas questões burocráticas da UFMG, e ao laboratório de informática pelo apoio prestado nos momentos precisos. Gratidão...

Aos professores e funcionários da secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, pelo apoio e atenção.

Agradeço a Leo, Erivelton, Miguel, Marileide. Gratidão...

Ao grupo Tibellets pelo encontro formidável que tivemos, esse momento está gravado na minha memória. Gratidão...

Agradeço imensamente aos meus alunos da Biotipo Academia, aos quais tive o prazer de orientar por muitos anos. Essa oportunidade me ensinou a amar minha profissão, e devo a eles grande parte da motivação para estar aqui estudando. Gratidão amores...

A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Saúde (CMAS) pela grandiosa oportunidade de formação e de melhoria profissional.

À CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo incentivo e fomento à pesquisa, pela promoção incondicional do avanço da ciência e da pesquisa no Brasil, contribuindo de forma decisiva para o desenvolvimento científico e tecnológico do país.

"A excelência é um hábito, não um ato. Somos o que repetidamente fazemos."

Aristóteles

RESUMO

O sedentarismo, identificado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos principais fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), tem se agravado com o aumento global da inatividade física, afetando negativamente a saúde metabólica e cardiovascular. O exercício físico, especialmente o treinamento resistido, desempenha um papel fundamental na hipertrofia muscular e na melhoria do metabolismo, potencializado pelo uso de dietas hiperproteicas que favorecem a síntese proteica e a recuperação muscular. Além disso, suplementos nutracêuticos, como aqueles derivados do Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), têm demonstrado benefícios adicionais, melhorando o perfil lipídico e a sensibilidade à insulina, contribuindo para a prevenção e controle das DCNTs. A integração do exercício físico regular com uma dieta rica em proteínas e suplementos funcionais é essencial para a otimização da saúde e do desempenho físico. Este estudo teve como objetivo investigar os efeitos de um suplemento alimentar hiperproteico à base do fruto do Cerrado Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) associado ao exercício físico (treinamento resistido), realizado em escada para camundongos. O experimento foi conduzido ao longo de 12 semanas com 32 camundongos *Swiss* machos, divididos em quatro grupos (n=8): grupo controle (AIN93M sem exercício), AIN93M com exercício, AIN93M com *Whey Protein* e exercício, e AIN93M com suplemento à base de Buriti e exercício físico. Foram avaliados diversos parâmetros metabólicos, de força muscular e de composição corporal. Os resultados indicaram que o grupo que recebeu a dieta AIN93M com suplemento à base de Buriti e exercício físico (AIN93M/B/ExF) apresentou melhorias significativas em vários parâmetros metabólicos em comparação com os demais grupos, incluindo menor adiposidade corporal e menor peso corporal final. A área sob a curva de peso corporal também foi menor, indicando um impacto positivo do suplemento e do exercício na redução do ganho de peso. O suplemento à base de Buriti, quando associado ao exercício físico, apresentou benefícios na redução da adiposidade corporal e no controle glicêmico, sem impactar significativamente a hipertrofia muscular e a força física em comparação ao *Whey Protein*. O suplemento à base de Buriti mostrou-se promissor na melhoria de parâmetros metabólicos, mas são necessárias novas pesquisas para um melhor entendimento de seus efeitos em diferentes contextos.

Palavras-chave: nutracêutico; proteína; síntese proteica; treinamento resistido; inatividade física.

ABSTRACT

Physical inactivity, identified by the World Health Organization (WHO) as one of the major risk factors for non-communicable chronic diseases (NCDs), has worsened with the global increase in physical inactivity, negatively affecting metabolic and cardiovascular health. Physical exercise, especially resistance training, plays a fundamental role in muscle hypertrophy and metabolic improvement, enhanced by hyperproteic diets that promote protein synthesis and muscle recovery. Additionally, nutraceutical supplements, such as those derived from Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), have shown additional benefits by improving lipid profile and insulin sensitivity, contributing to the prevention and control of NCDs. The integration of regular physical exercise with a protein-rich diet and functional supplements is essential for optimizing health and physical performance. This study aimed to investigate the effects of a hyperproteic dietary supplement based on the Cerrado fruit Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) associated with physical exercise (resistance training) using a ladder apparatus for mice. The experiment was conducted over 12 weeks with 32 male *Swiss* mice, divided into four groups (n=8): control group (AIN93M without exercise), AIN93M with exercise, AIN93M with *Whey Protein* and exercise, and AIN93M with Buriti-based supplement and physical exercise. Various metabolic, muscle strength, and body composition parameters were evaluated. The results indicated that the group receiving the AIN93M diet with Buriti-based supplement and physical exercise (AIN93M/B/ExF) showed significant improvements in several metabolic parameters compared to the other groups, including lower body adiposity and final body weight. The area under the body weight curve was also smaller, indicating a positive impact of the supplement and exercise on weight gain reduction. The Buriti-based supplement, when combined with physical exercise, demonstrated benefits in reducing body adiposity and glycemic control without significantly impacting muscle hypertrophy and physical strength compared to *Whey Protein*. The Buriti-based supplement showed promise in improving metabolic parameters, but further research is needed to better understand its effects in different contexts.

Keywords: nutraceutical; protein; protein synthesis; resistance training; physical inactivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Compostos bioativos e ação preventiva nos danos musculares causados pelo exercício físico.....	p.28
Figura 2 – Esquema do desenho experimental para avaliar os efeitos da suplementação das dietas e exercício físico resistido em camundongos.....	P.32
Figura 3. Legenda: Balança semi-analítica Olemann.....	p.39
Figura 4. Teste de força - equipamento escada para treino de força.....	p.40
Figura 5. Teste de Suspensão - Caixa de suspensão.....	p.41
Figura 6. Teste de força - Grip Strenght Meter.....	p.42
Figura 7. Aparelho Ultrassonográfico - aparelho ultrassonográfico GE LOGIO.....	p.43
Figura 8. Aparelho de Centrifugação - Centrifuga Humastar 200 (Diagnostica®, Brasil).....	p.44
Figura. 9 – Parâmetros Metabólicos.....	p.47
Figura 10. Análise de plasma.....	p.56
Figura 11. Sensibilidade à insulina e tolerância à glicose.....	p.61
Figura 12. Área do músculo gastrocnêmio – Ultrassonografia muscular.....	p.64
Figura 13 - Força física.....	P.65
Figura 14. Esquema Representativo da Conclusão.....	p.70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tratamento dos Animais.....	p.34
Tabela 2. Composição nutricional do teste e suplementos comerciais por 100g.....	p.36
Tabela 3. Composição nutricional do teste e suplementos comerciais por 100g.....	p.37
Tabela 4. Descrição das dietas experimentais.....	p.38
Tabela 5. Parâmetros metabólicos, Análise plasmática, Sensibilidade à insulina, Tolerancia à glicose, Area do gastrocnêmio – (US), Tecido muscular do gastrocnêmio, Força física	P.46

LISTA DE ABREVIACÕES

AIN93M - Dieta do American Institute of Nutrition para manutenção de roedores

AIN - American Institute of Nutrition

ASC - Área sob a Curva

ASN - American Society for Nutrition

CEEBEA - Comissão de Ética em Experimentação e Bem-Estar Animal

CK - Creatina Quinase

DCNTs - Doenças Crônicas não Transmissíveis

DNP - Dieta Normoproteica

DHP - Dieta Hiperproteica

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GH - Hormônio de Crescimento

GTT - Teste de Tolerância à Glicose

LDL - Lipoproteína de Baixa Densidade

MCM - Massa Corporal Magra

HDL - Lipoproteína de Alta Densidade

IMC - Índice de Massa Corporal

ipTTG - Teste Intraperitoneal de Tolerância à Glicose

ipTSI - Teste intraperitoneal de Sensibilidade à Insulina

OMS - Organização Mundial da Saúde

SPM - Síntese Proteica Muscular

TNT - Tecido não Tecido

TR - Treinamento Resistido

UNIMONTES - Universidade Estadual de Montes Claros

VLDL - Lipoproteína de Muito Baixa Densidade

Sumário

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 Contexto do Sedentarismo e Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs)	17
1.2 Benefícios do Exercício Físico e Treinamento Resistido	19
1.3 Nutrição e Suplementação no Desempenho Físico	23
1.4 Suplemento Nutracêuticos e Funcionais do Cerrado	26
2 OBJETIVOS	30
2.1 Objetivo Geral	30
3 MATERIAIS E METÓDOS	31
3.1 Delineamento Experimental	31
3.2 Modelo Murinos	32
3.3 Tratamento	32
3.4 Descrição das dietas	33
3.5 Mensurações do peso corporal e do consumo alimentar	37
3.6 Treinamentos resistidos	38
3.7 Testes de suspensão	40
3.8 Testes de força de preensão dos membros nos animais	41
3.9 Ultrassonografia do tecido gastrocnêmio	42
3.10 Parâmetros bioquímicos	43
3.11 Teste de tolerância à glicose (GTT)	43
3.12 Teste de sensibilidade à insulina	44
3.13 Sacrifício dos animais	44
3.14 Análise Estatística	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1 Parâmetros metabólicos	46
4.2 Análise Plasmática	55
4.3 Sensibilidade à insulina e tolerância à glicose	60
4.4 Área do músculo gastrocnêmio – Ultrassonografia muscular	63
4.5 Força Física	64
5 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS	70
6 PRODUTO TÉCNICO-CIENTÍFICO	76
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	104

ANEXOS..... 105

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto do Sedentarismo e Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs)

O sedentarismo é uma condição caracterizada pela insuficiência de atividades físicas no cotidiano de um indivíduo. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o sedentarismo é um dos principais fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), como doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, e certos tipos de câncer e obesidade, além disso, houve um aumento da prevalência padronizada por idade da obesidade em todos os estados brasileiros (Felisbino-Mendes, 2020). A OMS define sedentarismo como a ausência ou insuficiência de atividade física regular, que é quantificada como menos de 150 minutos de atividade física moderada ou 75 minutos de atividade física vigorosa por semana. Esse parâmetro é baseado em evidências científicas que correlacionam a prática regular de atividades físicas com a redução dos riscos de DCNTs (Fletcher *et al.*, 2018). Em decorrência desses parâmetros citados surgiram vários estudos.

Estudos indicam que aproximadamente 25% dos adultos e 80% dos adolescentes no mundo não atingem os níveis recomendados de atividade física. Essa prevalência elevada de sedentarismo é preocupante, pois está associada a um aumento significativo na incidência de DCNTs. O sedentarismo contribui para o desenvolvimento de obesidade, hipertensão arterial, dislipidemias e resistência à insulina. Além disso, a falta de atividade física regular pode levar a problemas de saúde mental, incluindo depressão e ansiedade. É destacado que a promoção de um estilo de vida ativo é fundamental para a prevenção de muitas dessas condições de saúde (OMS, 2020). Os mecanismos pelos quais o sedentarismo afeta a saúde são heterogêneos. A falta de atividade física resulta em menor gasto energético, o que pode levar ao acúmulo de gordura corporal e ao aumento de peso. Além disso, o sedentarismo reduz a eficiência do sistema cardiovascular e prejudica a capacidade do corpo de regular a glicose e os lipídios no sangue. Intervenções para reduzir o comportamento sedentário no local de trabalho, por exemplo, mostraram que interromper períodos prolongados em que o indivíduo permanece sentado com atividades leves ou de intensidade moderada pode melhorar significativamente marcadores metabólicos, como os níveis de glicose e triglicerídeos pós-prandiais (Bailey, 2021).

Diante dessa problemática, a OMS encoraja os países a adotarem as diretrizes globais como base para a elaboração de políticas nacionais de saúde, alinhando-se ao Plano de Ação Global da OMS para Atividade Física, a ser implementado entre 2018 e 2030. Esse Plano endossado pelos líderes da saúde na 71ª Assembleia da saúde em 2018, busca diminuir a inatividade física em 15% até 2030. Essas novas diretrizes trazem a relevância da atividade física para a saúde holística que engloba não apenas o corpo, mas também a mente e o coração. Com as novas diretrizes, ficou evidente que os benefícios da atividade física são claros e se aplicam a indivíduos de todas as idades e níveis de capacidade ou habilidade (OMS, 2020).

De acordo com Malik; Willett; Hu (2013), a globalização embora tenha trazido melhorias na qualidade de vida para muitos, também resultou no acesso generalizado a alimentos de baixo custo e valor nutricional reduzido, porém ricos em energia. Esse fenômeno tem conduzido a um aumento no consumo de alimentos processados, opções convenientes e bebidas açucaradas. Paralelamente ao desenvolvimento tecnológico, tem levado mais pessoas a residirem em ambientes urbanos que encorajam estilo de vida sedentário. Essas transformações combinadas estão impulsionando a epidemia global de obesidade.

Assim, sabe-se que inatividade física reduz significativamente o gasto energético diário, facilitando o balanço energético positivo e, conseqüentemente, o ganho de peso. Este processo é exacerbado pela predisposição ao consumo de alimentos hipercalóricos e pela redução da taxa metabólica basal, fatores frequentemente associados ao estilo de vida sedentário. A obesidade, por sua vez, está intimamente ligada a uma série de comorbidades. A obesidade, portanto, é uma condição complexa que envolve uma interação entre fatores genéticos, comportamentais, ambientais e sociais (Flegal; Kalantar-Zadeh, 2013).

Para Swinburn *et al.* (2011), o sistema alimentar como fator principal no aumento da obesidade, atua por meio da ingestão de energia na equação do balanço energético. No entanto, é importante ressaltar que diversos outros fatores ambientais e individuais influenciam a prevalência da obesidade em níveis individuais. De acordo com o relatório da OMS, a obesidade é clinicamente definida como um índice de massa corporal (IMC) igual ou superior a 30 kg m^{-2} . Já o sobrepeso é definido como um Índice de Massa Corporal (IMC) entre 25 e $29,9 \text{ kg/m}^{-2}$, indicando um acúmulo excessivo de gordura corporal que pode comprometer a saúde. A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera o sobrepeso um fator de risco significativo para diversas doenças crônicas, como diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer. Nesse sentido dar-se a importância de uma alimentação adequada e exercício físico regular e moderado.

Diante das evidências apresentadas, observa-se que o sedentarismo se configura como um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs). A inclusão de exercício físico regulares no cotidiano é amplamente reconhecida como uma estratégia eficaz para a promoção da saúde e a melhoria da qualidade de vida, além de atuar na prevenção e controle das DCNTs. Associada a uma alimentação equilibrada e rica em nutrientes, a prática de exercício físico contribui para a modulação de parâmetros metabólicos, redução de fatores inflamatórios, e fortalecimento do sistema cardiovascular e muscular, compondo um conjunto de hábitos saudáveis essenciais para o bem-estar integral.

1.2 Benefícios do Exercício Físico e Treinamento Resistido

A prática regular de exercício físico, seja em intensidade moderada ou vigorosa, traz benefícios à saúde, conforme destacado por Dumith *et al.* (2019). No estudo, os autores analisaram os preditores de atividade física moderada e vigorosa, observando a relação entre os grupos analisados e cada intensidade de exercício em adultos e idosos. Os resultados mostraram que a atividade física moderada protege contra o estresse, enquanto a atividade física vigorosa atua como fator de proteção contra obesidade, hipertensão e diabetes.

De acordo com Lee *et al.* (2012), o exercício físico é amplamente reconhecido por seus inúmeros benefícios à saúde, incluindo melhorias na aptidão cardiovascular, força muscular e metabolismo. Estudos científicos têm demonstrado que a prática regular de atividades físicas pode reduzir o risco de diversas doenças crônicas, como obesidade, diabetes tipo 2, hipertensão e doenças cardiovasculares. O exercício físico regular é fundamental tanto na prevenção primária quanto secundária de várias doenças crônicas, além de estar associado a um menor risco de morte prematura. Existe uma relação linear gradativa entre o volume de atividade física e o estado de saúde, sendo que as pessoas mais ativas têm o menor risco. No entanto, os maiores benefícios à saúde são observados em indivíduos menos condicionados que se tornam fisicamente ativos (Warburton *et al.*, 2006).

Neste contexto, é importante enfatizar que a atividade física e o exercício físico são conceitos distintos que requerem avaliação separada. A atividade física refere-se a qualquer movimento corporal voluntário que resulte em um gasto energético superior aos níveis de repouso, enquanto o exercício físico consiste em atividades planejadas, estruturadas e repetitivas com o objetivo específico de manter ou otimizar o condicionamento físico (Caspersen; Powell; Christenson, 1985).

O exercício físico pode ser categorizado em diversos tipos, incluindo aeróbico, anaeróbico e resistido, cada um com efeitos específicos sobre o corpo humano. O exercício aeróbico, como corrida e ciclismo, melhora a capacidade cardiovascular e a eficiência do sistema respiratório. Por outro lado, o exercício anaeróbico, como o levantamento de peso, é fundamental para o desenvolvimento da força e resistência muscular (Mcardle; Katch; Katch, 2015). O exercício resistido, em particular, tem sido extensivamente estudado devido ao seu papel na hipertrofia muscular e na manutenção da massa magra.

O exercício resistido pode ser definido como contrações musculares realizadas contra uma resistência graduais e progressivas, que podem ser executadas de forma estáticas ou dinâmica. Para ações musculares existe repetições dinâmicas como a concêntricas e ações musculares excêntricas e temos também isometria (por exemplo, isometria funcional). Existe vários fatores que podem influenciar no treinamento resistido, temos Tipos de exercício, volume, intensidade, frequência e tempo de descanso, sendo estas ferramentas importantes para prescrever os treinamentos (Kraemer; Ratamess, 2004; Schoenfeld *et al.*, 2021).

Para otimizar a adaptação, efeito e desempenho, planilha de treinamento é essencial observar os princípios do treinamento físico para garantir eficiência do organismo aos estímulos físicos. Eles envolvem aplicação correta de variáveis como intensidade, volume e frequência para promover melhorias na capacidade física e na saúde. Temos a) Princípio da especificidade, que é o treino mais próximo das capacidades específicas daquele esporte, ou adaptações específicas para as finalidades impostas. b) Princípio da sobrecarga, sugere que o estímulo precisa ser maior do que o organismo está acostumado para gerar adaptações, como aumento da força e resistência muscular. A intensidade e a carga do exercício precisam ser progressivamente ajustadas para continuar a promover adaptações. c) Princípio da Individualidade Biológica, cada pessoa responde de forma única ao treinamento devido a fatores como genética, idade, estado de saúde e nível de condicionamento físico prévio. Por exemplo, um indivíduo iniciante com o objetivo de aumentar a massa muscular deve seguir um programa de treino diferente daquele destinado a uma pessoa experiente que busca o mesmo propósito. Portanto, os programas de treinamento devem ser personalizados. d) Princípio da Variabilidade, os treinos (programas) será te curto período, depois da adaptação é importante a introdução de diferentes tipos de exercícios e variação nos estímulos para prevenir a estagnação e reduzir o risco de lesões, além de melhorar o desempenho em múltiplas capacidades físicas. e) Princípio da manutenção, quando o indivíduo atinge o seu objetivo pode diminuir o treino e manter o nível de força ou massa muscular e assim evitar a perda de condicionamento físico devido a restrições de tempo, recuperação ou fases específicas de um plano de treinamento. É

um bom período para incorporar outros tipos de treinamento, assim aperfeiçoando a aptidão física adquirida. d) Princípio da reversibilidade, o corpo humano se adapta aos estímulos do treino, mas, em sua ausência, essas adaptações começam a reverter para um estado de menor aptidão física. Essa reversão ocorre devido à falta de demanda sobre os sistemas musculoesquelético e cardiovascular, levando à perda gradual de força, resistência e massa muscular. Isso ocorre uma vez que o programa é interrompido ou não é mantido no nível de intensidade ou maior. Para evitar a reversibilidade, é fundamental manter uma frequência mínima de exercício, mesmo que em intensidades reduzidas, especialmente durante períodos de descanso prolongado ou em situações em que o treinamento regular não é possível (Stopapani, 2017).

O princípio do tamanho estabelece que as unidades motoras são recrutadas de maneira sequencial, iniciando pelas menores (limite inferior) e progredindo para as maiores (limite superior), dependendo do esforço exigido pela atividade. Embora o maior recrutamento resulte em maior força muscular, a ideia amplamente difundida de que cargas máximas ou quase máximas são essenciais para ativar unidades motoras de limiar elevado e alcançar ganhos ideais de força não encontra respaldo no princípio do tamanho, em estudos de ativação motora ou de treinamento resistido. Essa interpretação equivocada levou à recomendação infundada de que cargas mais pesadas são sempre superiores para o treinamento de força (Carpinelli, 2008)

É sabido que o treinamento resistido, também conhecido como treinamento com pesos ou treinamento de força, tem sido amplamente praticado e se tornou um dos exercícios mais procurados para melhorar a aptidão física e a performance. O treinamento resistido tem ganhado destaque, a sua inclusão em um programa de exercícios possibilita o aumento e manutenção da massa muscular, o que eleva o metabolismo basal, promove maior gasto calórico e contribui para o processo de emagrecimento. As pessoas buscam esse tipo de treinamento com o intuito de obter benefícios específicos para a saúde e aptidão física, como aumento da força, incremento da massa magra, redução da gordura corporal e melhoria do desempenho físico em atividades esportivas e cotidianas. Além disso, o treinamento resistido pode promover benefícios adicionais, como alterações na pressão arterial, perfil lipídico e sensibilidade à insulina. Um programa de treinamento resistido bem elaborado e consistentemente executado pode proporcionar todos esses benefícios, enfatizando um ou vários deles conforme necessário (Fleck; Kraemer, 2017).

De acordo com Prestes *et al.* (2016) destacam que o treinamento resistido (TR) oferece diversos benefícios, como o aumento da força máxima, potência, resistência, agilidade, velocidade e equilíbrio, além da prevenção de lesões. Os autores também apontam melhorias

no contexto fisiológicos incluindo os sistemas cardiovascular e endócrino, perfil lipídico, composição corporal, controle da taxa metabólica de repouso e da pressão arterial, reforçando a eficácia do TR na otimização da composição corporal.

O músculo esquelético desempenha um papel fundamental sobre a função física e na regulação metabólica. Este tecido é altamente adaptável, mostrando hipertrofia em resposta ao exercício resistido e minimizando a perda muscular durante períodos de desuso (Lim *et al.*, 2022). A plasticidade do músculo esquelético permite que ele responda a diversos estímulos e adaptações fisiológicas, o que inclui melhorias na força, resistência e eficiência metabólica. Além disso, o músculo esquelético influencia o equilíbrio energético e contribui para a homeostase da glicose, sendo fundamental para a saúde metabólica e o controle de doenças crônicas, como diabetes e obesidade, quando adequadamente estimulado (Abreu; Leal-Cardoso; Ceccatto, 2017).

O treinamento resistido promove efeitos fisiológicos, desencadeando adaptações agudas e crônicas no músculo esquelético e no metabolismo, fundamentais para a obtenção de resultados eficientes, como o aumento da força muscular, a hipertrofia e a melhoria da eficiência metabólica. Agudamente, o exercício resistido induz um aumento temporário de fatores hormonais, como o hormônio de crescimento (GH) e o cortisol, que estimulam a síntese proteica e o recrutamento de fibras musculares para suportar a demanda imposta pelo treinamento (Kraemer; Ratamess, 2005; Kraemer; Ratamess, 2004).

Os músculos esqueléticos são compostos por diferentes tipos de fibras musculares, classificadas em fibras de contração lenta (tipo I) e fibras de contração rápida (tipos IIa e IIx). O recrutamento de fibras musculares em exercícios resistidos segue o princípio de Henneman, onde fibras de contração lenta (tipo I) são ativadas primeiro, sendo seguidas pelas fibras de contração rápida (tipos IIa e IIx) em exercícios de maior intensidade. As fibras tipo I, mais resistentes à fadiga e adaptadas ao metabolismo oxidativo, são recrutadas em atividades de longa duração. Já as fibras tipo II, que utilizam principalmente o metabolismo glicolítico, geram maior força e potência, mas fadigam-se rapidamente, sendo mais ativadas em cargas elevadas e movimentos explosivos. O treinamento resistido induz adaptações nessas fibras, podendo até modificar a expressão de tipos de fibras, aumentando a proporção de fibras tipo IIa, o que melhora tanto a força quanto a resistência muscular. Essas adaptações são essenciais para a otimização de treinos de força e hipertrofia (Fleck; Kramer, 2017).

O gastrocnêmio, um dos principais músculos da panturrilha, é frequentemente estudado em pesquisas experimentais e clínicas devido às suas características únicas e à sua relevância funcional. Este músculo desempenha um papel importante na locomoção e é

amplamente utilizado como modelo para investigar adaptações musculares, metabólicas e estruturais. Sua representatividade em estudos de força e resistência deve-se à sua composição mista, contendo tanto fibras musculares de contração rápida (glicolíticas) quanto fibras de contração lenta (oxidativas), o que o torna ideal para investigar como diferentes tipos de estímulos, como treinamento resistido, suplementação e intervenções metabólicas, afetam os diferentes tipos de fibras musculares (Schiaffino & Reggiani, 2011).

Diante desses aspectos, o treinamento físico mostra-se fundamental para a promoção da saúde e aprimoramento da aptidão física, contribuindo para a prevenção e controle de diversas condições crônicas. A prática consistente de exercícios estruturados, aliados a princípios de treinamento adequados, proporciona adaptações fisiológicas positivas, refletidas na melhoria da força, resistência, composição corporal e controle metabólico. Assim, o treinamento resistido configura-se não apenas como uma ferramenta essencial para o desenvolvimento muscular e a funcionalidade física, mas também como um importante aliado no controle de doenças e promoção do bem-estar. Além disso, a nutrição e a suplementação podem potencializar ainda mais o desempenho físico, complementando os benefícios do exercício com estratégias específicas de suporte nutricional.

1.3 Nutrição e Suplementação no Desempenho Físico

A nutrição e suplementação adequadas são fundamentais para otimizar o desempenho físico, favorecer adaptações ao treino e acelerar a recuperação muscular. Uma dieta balanceada oferece os nutrientes essenciais, enquanto suplementações específicas podem aprimorar resultados em atividades intensas. Estudos recentes destacam a importância de personalizar a nutrição, ajustando-a às necessidades individuais e ao tipo de exercício para maximizar os benefícios (Kerksick *et al.*, 2017).

Suplementos alimentares, conhecidos também como agentes ergogênicos, têm sido amplamente utilizados para aprimorar o desempenho físico, ajudando a reduzir a sensação de cansaço e a fadiga muscular e mental associada ao exercício. Esses suplementos incluem uma variedade de ingredientes bioativos, como aminoácidos, vitaminas, minerais e extratos de plantas, formulados para complementar a dieta e fornecer suporte adicional durante a prática esportiva (Maughan *et al.*, 2018; Thomas, Erdman; Burke, 2016). O uso de tais suplementos visa melhorar o desempenho e a recuperação pós-exercício, sendo indicado especialmente em contextos em que a dieta regular pode não atender às altas demandas nutricionais dos atletas (Phillips, Loon 2011).

Os macronutrientes como os carboidratos, proteínas e lipídios, são essenciais para a produção de energia, reparo e manutenção do tecido muscular e preservação da saúde metabólica. Os Carboidratos, como substratos energéticos primários em atividades de alta intensidade, desempenham papel fundamental na reposição de glicogênio muscular, elemento essencial para sustentar a intensidade de exercícios físicos. Já as gorduras, embora menos utilizadas como fonte primária de energia em exercícios intensos, têm um papel significativo em atividades de longa duração e no metabolismo de repouso (Burke *et al.*, 2011). As proteínas são fundamentais para a síntese e recuperação muscular, especialmente após exercícios resistidos (Morton *et al.*, 2018).

Embora os macronutrientes sejam essenciais, os micronutrientes, como ferro, cálcio, vitamina D, magnésio e zinco, desempenham papéis importantes no desempenho físico e na recuperação muscular. Por exemplo, a vitamina D está associada à força muscular e à função imunológica, enquanto o ferro é fundamental para o transporte de oxigênio e desempenho aeróbico. Estudos recentes indicam um potencial papel fisiológico da vitamina D na regulação dos mecanismos de imunidade inata e adaptativa (Lukaski, 2004; Barbosa *et al.*, 2010).

A suplementação alimentar é amplamente adotada por atletas e praticantes de atividade física como estratégia para otimizar o desempenho, acelerar a recuperação e complementar a dieta. Entre os suplementos mais estudados, destacam-se o *whey protein*, a creatina, a cafeína e os carboidratos de rápida absorção. Quando utilizados de forma adequada e com acompanhamento profissional, esses compostos podem trazer benefícios significativos, como melhora no desempenho esportivo, maior resistência e recuperação muscular (Maughan *et al.*, 2018). O *whey protein*, em particular, é reconhecido por seu alto valor biológico e rápida digestibilidade, sendo eficaz na síntese proteica muscular, na redução da perda de massa magra e no suporte à saúde metabólica geral, especialmente em indivíduos submetidos a exercícios intensos (Phillips, 2016).

O treinamento resistido e a suplementação alimentar associados, são fundamentais para o ganho de massa muscular e recuperação, otimizando a síntese proteica e promovendo hipertrofia. A suplementação de proteína, durante o treinamento resistido prolongado especialmente em doses de até $1,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, é mais eficaz em indivíduos jovens ou treinados, aumentando significativamente a força e a massa muscular, e para uma melhor eficiência para a síntese proteica muscular em atletas de força e resistência, é melhor a distribuição dessa ingestão ao longo do dia sendo essencial para otimizar a resposta anabólica muscular (Morton *et al.*, 2018). A dieta hiperproteica é caracterizada pela ingestão de proteínas em quantidades superiores às recomendadas para pessoas saudáveis, e tem a função de ser aquela dieta que vai

ultrapassar as faixas de recomendação alimentar que é de $0,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nessa dieta alimentar superior, a ingestão varia de 1,8 a 3,3 g de proteínas por quilograma de peso corporal ao dia. Esse elevado consumo de proteínas favorece a formação de músculos e ossos, contribuindo para o ganho de massa magra e retardando sua perda ao longo do envelhecimento. Além disso, dietas hiperproteicas têm sido associadas à redução da pressão arterial, colesterol e triglicerídeos (Verreijen *et al.*, 2017).

Para Burd *et al.* (2019), evidências científicas indicam que alimentos integrais, ao invés de apenas proteínas isoladas, podem otimizar as adaptações musculares devido à interação de nutrientes não proteicos na matriz alimentar. Essas interações podem potencializar o uso de aminoácidos para a síntese muscular, especialmente no contexto pós-exercício. Além disso, a ingestão de proteínas logo após o exercício e durante períodos de recuperação prolongados, superiores a um dia, melhora as taxas de síntese proteica, facilitando tanto remodelações não hipertróficas quanto hipertróficas.

Os Suplementos e fontes proteicas à base de plantas, como proteínas de ervilha, arroz e soja. Esses produtos estão ganhando popularidade entre atletas e praticantes de atividades físicas que optam por dietas à base de plantas ou buscam alternativas mais sustentáveis. Uma dieta rica em proteínas vegetais, incluindo alimentos integrais e suplementação de soja, é tão eficaz quanto uma dieta mista com suplementação de soro de leite em promover força muscular e hipertrofia em homens jovens não treinados, desde que consumam proteínas em quantidades adequadas ($\sim 1,6 \text{ g/kg/dia}$). Assim, a fonte de proteína não influencia as adaptações ao treinamento de resistência em indivíduos com ingestão proteica suficiente (Hevia-Larraín *et al.*, 2021).

Dessa forma, a nutrição e suplementação adequadas desempenham papéis fundamentais no suporte ao desempenho físico, promovendo adaptações musculares, otimização da força e aceleração da recuperação. A personalização das estratégias nutricionais, com foco na ingestão equilibrada de macronutrientes, micronutrientes e suplementos específicos, é essencial para atender às demandas individuais de atletas e praticantes de atividades físicas. Além disso, evidências científicas mostram que tanto fontes proteicas vegetais quanto animais são eficazes, desde que as quantidades adequadas sejam consumidas. O potencial dos suplementos nutracêuticos e funcionais do Cerrado destaca que os compostos bioativos dessa biodiversidade podem contribuir significativamente para o desempenho esportivo e a promoção da saúde.

1.4 Suplemento Nutracêuticos e Funcionais do Cerrado

Atualmente, observa-se uma crescente busca por estilos de vida mais saudáveis, marcados pela prática regular de exercícios físicos e pela adoção de hábitos alimentares que promovam a saúde. A escolha de uma alimentação diferenciada visa o consumo de alimentos que, além de nutrir, contenham compostos bioativos com potencial funcional para a promoção do bem-estar (Amorim *et al.*, 2023).

De acordo com Defelice (1995), o termo nutracêutico refere-se a produtos derivados de alimentos que oferecem benefícios à saúde além de seu valor nutricional básico, combinando nutrientes com características farmacêuticas. Esses compostos bioativos, presentes em alimentos, são apresentados em diferentes formas, como cápsulas, comprimidos e soluções, buscando apoiar a saúde e prevenir doenças. Com a crescente evidência científica, o uso de nutracêuticos vem se expandindo, particularmente na prevenção de doenças crônicas e na melhora da qualidade de vida (Machado; Puton; BertoL, 2019; Lobato *et al.*, 2022).

O Brasil possui uma região rica em plantas e frutos do Cerrado, considerado o segundo maior bioma do país. As plantas e frutos do Cerrado são ricos em compostos bioativos e apresentam uma biodiversidade significativa, abrigando uma grande variedade de espécies vegetais com propriedades medicinais e nutritivas (EMBRAPA, 2024). A região possui frutos com potencial alimentício, mas poucos são sistematicamente estudados e comercializados. O aproveitamento dessa biodiversidade depende de conhecimento e tecnologia para estruturar a cadeia produtiva. O desafio é agregar valor aos frutos e integrá-los de forma sustentável à geração de renda, incentivando o desenvolvimento regional (Freitas *et al.*, 2024).

Os frutos do Cerrado, como o pequi (*Caryocar brasiliense*), o baru (*Dipteryx alata*) e o jatobá (*Hymenaea courbaril*), têm se destacado como potenciais aliados no desempenho físico devido à sua riqueza em compostos bioativos. O pequi é reconhecido por suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, com estudos indicando sua eficácia na redução de danos musculares e inflamações induzidas pelo exercício, promovendo melhor recuperação pós-treino (Vale *et al.* 2018; Silva *et al.*, 2019). O baru, por sua vez, é rico em proteínas de alta qualidade e ácidos graxos essenciais, como ômega-6 e ômega-9, que auxiliam na recuperação muscular e na modulação do perfil lipídico de atletas, reduzindo marcadores de inflamação e melhorando a saúde metabólica (Alves *et al.*, 2021). Já o jatobá, com seus carboidratos complexos e compostos fenólicos, tem potencial para oferecer suporte energético e imunológico, além de contribuir para a proteção contra o estresse oxidativo induzido por exercícios intensos (Lisboa

et al., 2021; Silva *et al.*, 2023). Esses frutos não apenas possuem aplicações funcionais na nutrição esportiva, mas também reforçam o papel da biodiversidade do Cerrado como fonte sustentável de bioativos com benefícios comprovados para a saúde e o desempenho físico.

O reconhecimento dos benefícios e da necessidade dos alimentos funcionais como parte de uma dieta saudável, vem buscando alimentos que não só atendam às necessidades nutricionais básicas, mas que também ofereçam benefícios à saúde e ao funcionamento do corpo e à performance. Segundo Gonçalves *et al.* (2022), onde examinaram os efeitos dos nutracêuticos no desempenho físico e na recuperação muscular, particularmente em contextos de treinamento de resistência. Os autores exploram como compostos como creatina, β -alanina, e antioxidantes podem melhorar a força muscular, reduzir a fadiga e acelerar a recuperação pós-exercício, evidenciando a importância dos nutracêuticos no apoio ao treinamento físico. Este estudo reportou que pesquisas recentes destacam a eficácia dos compostos fenólicos na prevenção de danos musculares e estresse oxidativo causados por exercícios, bem como na melhoria do desempenho atlético (figura 1). Esses compostos, com estruturas químicas que conferem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, ajudam a reduzir a dor muscular, acelerar a recuperação e aliviar o estresse psicológico. A eficácia da suplementação fenólica varia conforme o tipo de esporte e a intensidade do treinamento. Os autores dizem que mais estudos são necessários para definir a dosagem ideal e entender melhor o potencial dos fenólicos na modulação do estresse oxidativo e na melhoria do desempenho físico.

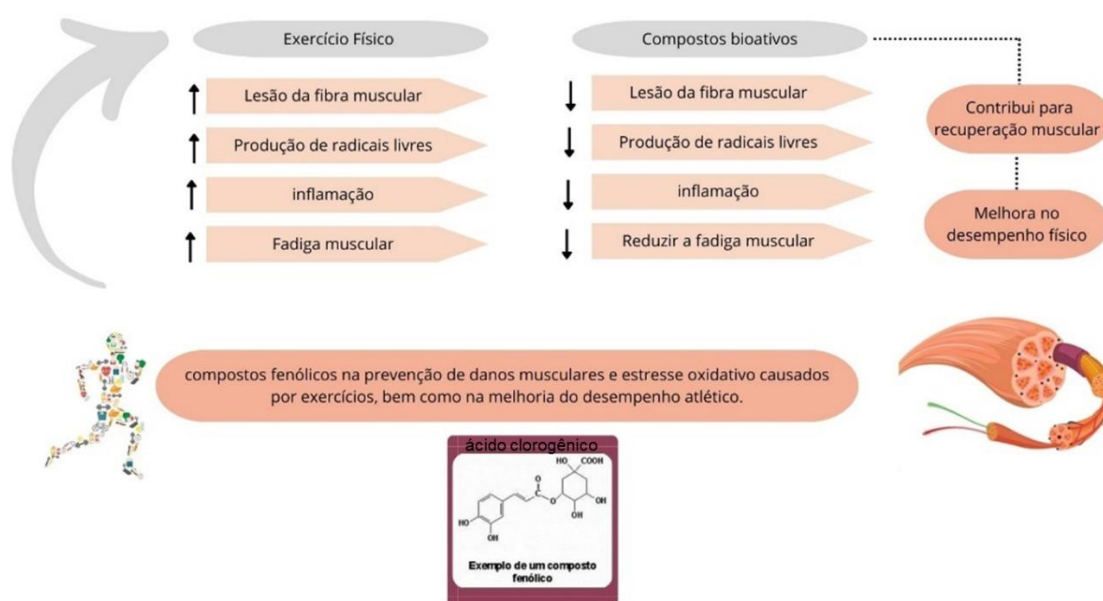


Figura 1 Compostos bioativos e ação preventiva nos danos musculares causados pelo exercício físico.

Conforme destaca Puri *et al.* (2022), em outro estudo de revisão que abrange sobre nutracêuticos, revelou o papel significativo que são os componentes nutricionais biologicamente ativos, onde possui benefícios para a saúde e potencial terapêutico. Esses produtos têm sido reconhecidos tanto por suas propriedades nutricionais quanto terapêuticas, e estão em crescimento global como ferramentas para promoção de saúde e prevenção de doenças. Foi abordado neste estudo a interações entre nutracêuticos e medicamentos, o desenvolvimento de patentes, e o uso de nanotecnologia para melhorar suas formulações. Os nutracêuticos têm aplicação na prevenção e tratamento de diversas doenças, como suporte na quimioterapia e radioterapia do câncer. O setor é visto como promissor, integrando nutrição e medicina, com novas tecnologias como nutrigenômica e nanotecnologia impulsionando o crescimento do mercado e investimentos futuros (Puri, *et al.*, 2022). O interesse pelos nutracêuticos está crescendo globalmente, impulsionado pela busca por abordagens mais naturais e integrativas para a saúde e a prevenção de doenças. Eles representam uma importante área de interseção entre a nutrição e a farmacologia, e sua importância é evidente tanto no contexto de saúde, quanto no âmbito de desempenho esportivo. O Bioma Cerrado possui uma riqueza de espécies vegetais com diversidade de compostos bioativos com potencial farmacológico. Entre elas destaca-se o Buriti (*Mauritia flexuosa*).

O buriti (*Mauritia flexuosa*), nativo do Cerrado, destaca-se por seu valor nutricional e resistência a climas áridos, contribuindo para a biodiversidade do Cerrado. Seu fruto, rico em antioxidantes, tocoferóis e carotenoides, tem amplas aplicações nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética, com propriedades antibacterianas e anti-inflamatórias intestinais. Recentes inovações apontam o uso de seus oleosomas na cosmética e seu potencial como fonte de energia renovável. Além de suas aplicações comerciais, o buriti desempenha um papel ecológico importante, promovendo a conservação do solo e oferecendo habitat para a fauna local. A conservação sustentável do buriti é essencial para garantir esses benefícios para futuras gerações (Pinto *et al.*, 2024).

Neste sentido Bicalho (2019) trouxe um novo produto nutracêutico e funcional, neste estudo os autores desenvolveram um suplemento alimentar de baixo custo, utilizando subprodutos da indústria de laticínios e Buriti, visando melhorar o estado nutricional de idosos desnutridos e camundongos. Na fase pré-clínica, os camundongos foram submetidos a um regime de desnutrição seguido de renutrição, com grupos distintos avaliados quanto ao peso, ingestão alimentar e metabolismo da glicose. Resultados indicaram que o novo suplemento melhorou parâmetros antropométricos, perfil lipídico e recuperação hepática comparado a um

suplemento comercial. Na fase clínica, idosas desnutridas foram tratadas durante 90 dias, e observou-se melhora significativa no estado nutricional, níveis séricos de albumina e perfil lipídico, além de aumento de hemácias e hemoglobina. O estudo conclui que o suplemento desenvolvido é eficaz na recuperação nutricional e hepática, oferecendo uma alternativa acessível ao tratamento da desnutrição.

Dessa forma, os nutracêuticos e alimentos funcionais do Cerrado demonstram elevado potencial na promoção da saúde e do desempenho físico, devido à riqueza de compostos bioativos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e imunomoduladoras. A aplicação desses recursos vai além do suporte nutricional, abrangendo também o desenvolvimento de suplementos inovadores e sustentáveis, como os derivados de buriti, pequi, baru e jatobá, que mostram benefícios comprovados em diferentes contextos, incluindo o treinamento físico e a recuperação muscular. Nesse sentido, investigar os efeitos do uso de um suplemento alimentar hiperproteico à base do fruto do Cerrado, Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), em camundongos, permite avaliar de forma aprofundada os impactos na força muscular e no metabolismo em um contexto de exercício físico resistido, contribuindo para o avanço do conhecimento científico e o desenvolvimento de estratégias eficazes de nutrição esportiva. O Cerrado, com sua biodiversidade única, reforça-se como uma importante fonte de inovação para atender às demandas globais por produtos naturais, saudáveis e eficientes.

2 OBJETIVOS

Investigar os efeitos do uso de um suplemento alimentar hiperproteico à base do fruto do Cerrado, Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), em camundongos, avaliando os impactos na força muscular e no metabolismo, em um contexto de exercício físico resistido.

2.1 Objetivo Geral

1. Avaliar os efeitos de um suplemento alimentar hiperproteico à base do fruto do Cerrado Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) no peso corporal inicial e final de camundongos suplementados e não suplementados;
2. Analisar a regulação glicêmica em camundongos suplementados com um suplemento alimentar hiperproteico à base do fruto do Cerrado Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), por meio de testes de sensibilidade à insulina, tolerância à glicose e avaliação dos níveis glicêmicos em jejum.
3. Mensurar os níveis plasmáticos lipídicos, como triglicerídeos, colesterol total e HDL/LDL/VLDL dos camundongos suplementados;
4. Avaliar o efeito da administração do suplemento alimentar hiperproteico à base do fruto do Cerrado Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) associado ao treinamento resistido (teste de força e suspensão) quanto à força e a espessura muscular, nos diferentes grupos de camundongos suplementados;
5. Analisar o perfil muscular, incluindo o tamanho da área do músculo gastrocnêmio, em camundongos suplementados e não suplementados com um suplemento alimentar hiperproteico à base do fruto do Cerrado Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), para avaliar possíveis alterações relacionadas à hipertrofia muscular.

3 MATERIAIS E METÓDOS

3.1 Delineamento Experimental

O desenho de estudo abordado nesse projeto de pesquisa foi caracterizado como experimental, prospectivo, analítico e com uma abordagem predominantemente quantitativa.

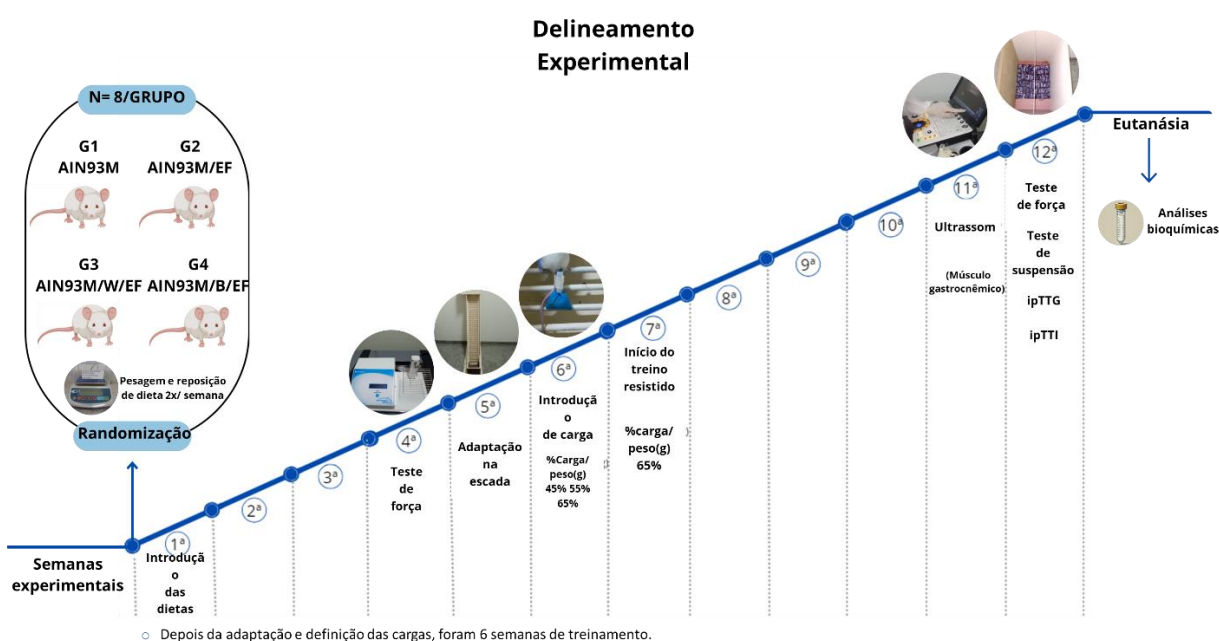


Figura 2 Esquema do desenho experimental para avaliar os efeitos da suplementação das dietas e exercício físico resistido em camundongos. O protocolo inclui a introdução das dietas, randomização dos grupos (N=8 por grupo), teste de força inicial, adaptação à escada para treino resistido, introdução de cargas progressivas (25% a 65% do peso corporal), início do treinamento resistido com carga fixa (65% do peso corporal), acompanhamento de parâmetros metabólicos, teste de força final, teste de suspensão, ultrassonografia do músculo gastrocnêmio, e avaliações metabólicas, como ipTTG e ipTTI.

3.2 Modelo Murinos

Este estudo experimental foi realizado com 32 camundongos da linhagem *Mus musculus/Swiss* machos com 6 semanas de idade, obtidos do Biotério da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Todos os processos para realização deste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação e Bem-Estar Animal (CEEBEA) da Universidade Estadual de Montes Claros, Minas Gerais, Brasil (protocolo nº 005/2023). Os animais foram alocados e mantidos em gaiolas de polipropileno (41 x 34 x 18 cm) com quatro animais por gaiola, sob ciclo de luminosidade claro e escuro de 12 em 12/horas (7:00 às 19:00 horas) temperatura ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar - $60\% \pm 5\%$ - e livre acesso à alimentação e água, sendo trocadas duas vezes na semana. As caixas dos camundongos eram forradas com maravalha, sendo trocadas e higienizadas duas vezes na semana. Após a aclimatização de 14 dias, os camundongos foram randomizados em quatro (4) grupos com 4 animais por gaiola e alimentados conforme os tratamentos.

3.3 Tratamento

O experimento foi realizado em 12 semanas e após a randomização, foram introduzidas na primeira semana as dietas (Tabela 1), na quarta semana iniciou-se o teste de força, na quinta semana adaptação à escada, com variações de pesos adaptados na cauda do animal, iniciando com 25% do peso corporal, com aumento gradativo (35, 40, 45, 50, 55 e 60%), finalizando na sétima semana de treino com cargas de 65% do peso corporal do animal, e sendo ajustado ao peso do animal toda semana. Outro teste de força foi realizado na décima segunda semana. Foi feito nessa mesma semana também o ultrassom do músculo gastrocnêmio, teste de suspensão, teste de glicose e insulina. Ao longo de todo o período experimental, a massa corporal foi aferida duas vezes por semana em balança de semi-precisão. Todos os camundongos foram mortos dentro de 72 horas do último treinamento.

Tabela 1 – Tratamento dos Animais

Grupos	Dieta/suplementação	Exercício Físico
Grupo 1 (G1)	AIN93-M (controle)	Não
Grupo 2 (G2)	AIN93-M	Sim
Grupo 3 (G3)	AIN93-M + Suplemento <i>Whey protein</i> concentrado	Sim
Grupo 4 (G4)	AIN93-M+ Suplemento à base do Buriti	Sim

* AIN93-M = Dieta base (manutenção).

3.4 Descrição das dietas

A dieta AIN-93-M que é uma formulação padronizada para roedores, criada para substituir a dieta anterior conhecida como AIN-76A. Esta dieta foi desenvolvida pelo American Institute of Nutrition (AIN), conhecido como The American Society for Nutrition (ASN). A dieta AIN-93-M foi projetada para manutenção de roedores adultos, enquanto a AIN-93-G é utilizada para crescimento e reprodução. A dieta AIN-93M é uma fórmula padrão usada para manter camundongos adultos em experimentos científicos. Essa dieta é projetada para fornecer todos os nutrientes necessários para a manutenção dos camundongos, sem promover crescimento adicional, o que é ideal para estudos de manutenção. A formulação foi projetada para atender às necessidades nutricionais com base em estudos sobre a nutrição de roedores (Reeves *et al.*, 1993). Os Suplementos utilizados nessa pesquisa foram AIN93-M, *Whey protein* e Nutricer.

A matéria-prima das dietas base foi como padrão AIN-93M, que é uma dieta de manutenção, também nas outras dietas foi acrescida AIN93-M como uma mistura com a farinha à base de buriti Nutricer *Protein* (O Nutricer Protein é um suplemento alimentar desenvolvido pela empresa brasileira NutriMulti Cerrado. A NutriMulti Cerrado está localizada em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, no seguinte endereço: Rua Cosme e Damião, 260A, Bairro Santo Expedito, Montes Claros - MG, CEP 39401-502). e a outra dieta também foi acrescida AIN93-M ao whey protein concentrado sem sabor da marca *Protein Absolut®* (A marca Absolut Nutrition é responsável pela produção e fornecimento dos suplementos da linha Protein Absolut®. A empresa está localizada em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil, com endereço na Avenida Prefeito Alberto Moura, 2415 – Distrito Industrial, Sete Lagoas – MG, 35701-367).

Todas as dietas dos animais foram adquiridas no comércio local, após verificação do teor de proteína. A dieta, foi preparada no laboratório da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Para o preparo das dietas, a alimentação dos grupos foi equilibrada de forma isocalórica, que foram confeccionadas manualmente e mantidas congeladas e protegida da luz até o momento da utilização, conforme (tabela 4) a seguir:

Dieta Padrão AIN93-M

Foi utilizada no experimento a dieta AIN 93-M (4,5 kcal/1g) que é composta por 0,001% de BHT, 0,250% de Bitartarato de colina, 0,180 % de Metionina, 1,000% de Mix de vitaminas, 3,500% de Mix de minerais, 5,000% de celulose, 4,000% de Óleo de soja, 10,000% de Sacarose, 15,500% de Maltodextrina, 14,000% de Caseína, 46,569% de Amido de milho. A constituição do AIN93-M que é uma dieta considerada de manutenção contém 75,9% de carboidratos, 13,7% de proteínas e 10,3% de lipídios (tabela 4).

Suplemento *Whey Protein*

Ingredientes do suplemento comercial *Whey Protein Absolut®* (4,1 kcal/1g): Leite em pó desnatado, maltodextrina, Proteína isolada do soro do leite de vaca, caseinato de cálcio obtido do leite de vaca, gordura láctea, fruto oligossacarídeos, inulina, minerais (citrato de cálcio, carbonato de magnésio, sulfato ferroso, sulfato de zinco, fosfato de cálcio, sulfato de manganês, sulfato de cobre e selenato de sódio), vitaminas (vitamina C, bitartarato de colina, vitamina E, inositol, vitamina D, vitamina A, niacina, pantotenato de cálcio, vitamina B1, vitamina B6, vitamina K, vitamina B2, ácido fólico, vitamina B12 e biotina) e emulsificante lecitina de soja (tabela 4).

Tabela 2. composição nutricional do teste e suplementos comerciais por 100g

<i>Whey Protein Absolut®</i>		
COMPONENTES	UNIDADE	QUANTIDADE POR 100 g
Valor energético	kcal	422,00
Carboidratos	g	36,00
Proteínas	g	36,00
Gordura total	g	15,00
Fibra	g	4,00
Sódio	mg	182,00
Cálcio	mg	873,00
Ferro	mg	7,10
Potássio	mg	500,00
Magnésio	mg	75,00
Fósforo	mg	400,00
Zinco	mg	6,70
Vitamina A	µg	500,00
Tiamina (B1)	mg	1,30
Riboflavina (B2)	mg	0,71
Niacina (B3)	mg	4,70
Ácido Pantotênico (B5)	mg	3,60
Piridoxina(B6)	mg	1,30
Ácido fólico (B9)	µg	151,00
Cianocobalamina (B12)	µg	3,50
Vitamina C	mg	35,00

Ingredientes do suplemento nutricional protein à base do buriti (3,9 kcal/1g): soro do leite em pó, leite em pó integral, farinha de buriti, maltodextrina, concentrado protéico do soro do leite, goma xantana e mix de 33 vitaminas e minerais: 150mg de cálcio (fosfato de cálcio tribásico), 2,1mg de ferro (pirofosfato férrico), 1,05mg de zinco (sulfato de zinco), 90µ de vitamina a (acetato de retinol), 0,18mg de b1 (mononitrato de tiamina), 2,4mg de b3 (ácido nicotínico), 0,2mg de b6 (cloridrato de piridoxina), 0,75mg de b5 (pantotenato de cálcio), 36µ de b9 (ácido fólico), 0,36µ de vitamina b12 (cianocobalamina), 6,75 mg de vitamina c (ácido ascórbico), (tabela 4)

Tabela 3. composição nutricional do teste e suplementos comerciais por 100g.

Suplemento Nutricer Protein à Base do Buriti	
Quantidade por 100g	
Nutricer protein®	
Valor energético	434.6 kcal
Carboidratos	42.55 g
Proteínas	24.86 g
Gordura total	18.43 g
Fibra	7.66 g
Sódio	383 mg
Cálcio	595 mg
Ferro	2.47 mg
Potássio	865 mg
Magnésio	68.3 mg
Fósforo	570.9 mg
Zinco	2.3 mg
Vitamina A	183 µg
Tiamina (B1)	0.38 mg
Riboflavina (B2)	0.88 mg
Niacina (B3)	2.75 mg
Ácido Pantotênico (B5)	0.75 mg
Piridoxina(B6)	0.36 µg
Ácido fólico (B9)	39 µg
Cianocobalamina (B12)	1.02µg
Vitamina C	35mg

Tabela 4. Descrição das dietas experimentais

Composição	Dietas					
	DIETA AIN93-M ¹		DIETA AIN93-M +WHEY		DIETA AIN93-M +NUTRICER PROTEIN	
	%	Gramas	%	Gramas	%	Gramas
BHT	0,001	0,01	0,001	0,01	0,001	0,01
Bitartarato de colina	0,25	2,50	0,25	2,50	0,25	2,50
Metionina	0,18	1,80	0,18	1,80	0,18	1,80
Mix de vitamina	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00
Mix de minerais	3,50	35,00	3,50	35,00	3,50	35,00
Celulose	5,00	50,00	5,00	50,00	4,35	43,50
Óleo de soja	4,00	40,00	2,68	26,80	2,80	28,00
Sacarose	10,00	100,00	10,00	100,00	10,00	100,00
Maltodextrina	15,50	155,00	14,91	149,10	14,90	149,00
Caseína	14,00	140,00	1,81	18,10	3,50	35,00
Amido de milho	46,569	465,69	45,66	456,60	44,51	445,10
WHEY	-	-	15,00	150,00	-	-
NUTRICER PROTEIN	-	-	-	-	15,00	150,00
Total	100,00	1000,00	100,00	1000,00	100,00	1000,00

¹ Foi utilizado em 100 gramas 100% de AIN93-M (dieta isocalórica).

² Foi utilizado em 100 gramas 85% de AIN93-M e 15% suplemento WHEY (dieta isocalórica).

3 Foi utilizado em 100 gramas 85% de AIN93-M e 15% suplemento Nutricer Protein (dieta isocalórica).

3.5 Mensurações do peso corporal e do consumo alimentar

As mensurações do peso corporal dos animais tratados e o consumo alimentar das dietas foram avaliadas duas vezes por semana, na mesma hora e dias e previamente definidos. Os dias escolhidos foram segunda-feira e quinta-feira. Os animais foram posicionados dentro de uma balança semi-analítica e de precisão (Figura 3).



Figura 3. Legenda: Balança semi-analítica Oleman.
Foto: Acervo Pessoal.

O peso corporal dos animais foi registrado individualmente, em gramas, ao longo do experimento. O consumo alimentar foi avaliado a partir de oito gaiolas experimentais, sendo mensurada e a quantidade de dieta restante em cada gaiola. Após a pesagem das sobras, a dieta era reabastecida até alcançar 300 gramas diárias por gaiola, garantindo a oferta constante de alimento. Com base na diferença entre a quantidade inicial e a sobra de alimento, foi calculado o consumo alimentar por gaiola, permitindo o monitoramento preciso da ingestão alimentar ao longo do período experimental.

3.6 Treinamentos resistidos

O treinamento resistido em camundongos foi realizado, utilizando-se uma escada vertical de 110 centímetros (110 cm) de altura, 18 centímetro (18 cm) de largura com dois centímetros (2 cm) de largura e dois centímetros (2 cm) entre os degraus com inclinação de 80° graus. O comprimento da escada exigia que os camundongos fizessem movimentos dinâmicos, pois havia 43 degraus por subida. Uma caixa de alojamento com o comprimento 30 cm; largura

20 cm e altura 20 cm; estava localizada no topo da escada, com abertura vinda da escada, onde os camundongos entraram, este alojamento serviu para o período de descanso (Figura 4) (Rodrigues *et al.*, 2019)



Figura 4. Teste de força - equipamento escada para treino de força.
Foto: Acervo Pessoal

Após a realização da climatização de 5 dias, os camundongos foram conduzidos sem carga para adaptação na escada; iniciou - se o treino resistido 5 dias na semana no mesmo horário, com repetição (serie), 4 séries com intervalo de 60 segundos entre as repetições, com intervalo de dois dias, ou seja, sábado e domingo não houve treino, os treinos tiveram a duração de 8 semanas.

A partir da fase de adaptação foi incluído a carga na cauda do animal de forma gradual com peso de 25, 35, 45, 55, 60 e 65% correspondente ao peso do animal, permanecendo esse peso em 65% ao final do experimento das 8 semanas, onde foi concluído com o peso de 65% da carga na cauda do animal, o peso foi reajustado semanalmente, no mesmo dia (sexta-feira) e horário, de acordo com o peso corporal atualizado do animal.

A carga foi confeccionada com saquinhos de TNT (tecido não tecido), preenchidos com gralha de ferro e moedas de inox. A carga no saquinho foi presa com esparadrapo micropore (marca: Nexcare) bege com tamanho de 12x4,5 cm à cauda envolvendo a porção

proximal da cauda. Os animais foram estimulados a subir à escada apenas ao toque em região caudal, o peso (carga) foi removido após cada sessão de treinamento (Yarasheski *et al.*, 1990; Hornberger *et al.*, 2004; Neves *et al.*, 2016; yin *et al.*, 2020).

3.7 Testes de suspensão

Esse teste foi realizado na última semana do experimento (equivalente ao 81º dia de tratamento), para avaliar a força muscular dos animais após tratamento com as dietas. Os animais foram colocados individualmente sobre um cabo de aço 2 milímetros; bem esticado em uma caixa com comprimento de 60 cm, 40 cm de largura e sua altura era de 60 cm em relação ao chão; adaptado dos estudos de Shukitt-Hale *et al.* (1998); Chiavegatto *et al.* (2000); Carlson (2010); Lopes (2014). No fundo da caixa havia uma espuma revestida para amortecer o impacto do animal no momento da queda (figura 5).



Figura 5. Teste de Suspensão - Caixa de suspensão.

Foto: Acervo Pessoal.

O animal foi colocado com as patas dianteiras apoiadas ao cabo, levemente solto pelo pesquisador. O animal dependendo da sua habilidade ele também utilizava as patas traseiras e

cauda. Foi registrado o tempo de permanência do animal no cabo. Foi medido o tempo total que o animal permanecia no fio. O cronômetro era parado imediatamente após a queda do animal.

3.8 Testes de força de preensão dos membros nos animais

Foi utilizado para o teste de força de preensão, um equipamento de tradutor de força da marca Bonther®, BR – medidor de força de preensão. Os animais se prenderam pelo membro anterior, inclinando a força de preensão exercida pela função motora, uma vez que prendeu as patas dianteiras. Então, o equipamento do teste de preensão foi usado para medir a quantidade de força de tração de cada animal. E para fazer essa leitura da medida de resistência contra o todo da força de tração dos membros do animal, o experimentador puxou suavemente o animal pela cauda. Este teste, não invasivo forneceu dados quantitativos sobre a capacidade de força dos animais. No dinamômetro (figura 6), o equipamento registrou a força máxima exercida pelo animal antes de soltar a barra. Este valor foi exibido no dispositivo e foi registrado para análise.



Figura 6. Teste de força - Grip Strenght Meter.
Foto: Acervo Pessoal.

Esse teste foi repetido três vezes por cada animal e a média das leituras foi utilizada para análise. Este teste de prensão manual é uma ferramenta preciosa em pesquisa para avaliar a força muscular e os efeitos de intervenções alimentares e exercícios físicos em roedores (Rodrigues *et al.* 2019)

3.9 Ultrassonografia do tecido gastrocnêmio

Faltando duas semanas para o término do experimento foram realizadas ultrassonografia para avaliar as alterações no tecido gastrocnêmio decorrentes da dieta e treinamento com os camundongos. Foram capturadas as imagens após a tricotomização dos animais na região do gastrocnêmio, ou seja, na pata esquerda do animal, posicionados em decúbito dorsal e imobilizados manualmente. Utilizou-se o aparelho ultrassonográfico (figura 7) GE LOGIO e equipamento com transdutor de alta frequência L8 – 18i (GE Healthcare, EUA).



Figura 7. Aparelho Ultrassonográfico - aparelho ultrassonográfico GE LOGIO.
Foto: Acervo Pessoal.

3.10 Parâmetros bioquímicos

O soro foi obtido após a centrifugação do sangue total dos animais a 3.200 rpm por 10 minutos e armazenado a -20 °C até a realização das análises bioquímicas (figura 8).



Figura 8. Aparelho de Centrifugação - Centrifuga Humastar 200 (Diagnostica®, Brasil). **Foto:** Acervo Pessoal

Foram avaliados os níveis de colesterol total, lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL), triglicerídeos, glicose e insulina, utilizando kits específicos (Diagnostica®, Brasil) e analisados no equipamento Humastar 200 (Diagnostica®, Brasil). Os níveis de lipoproteína de baixa densidade (LDL) foram calculados de acordo com a fórmula proposta por Friedewald (1972).

3.11 Teste de tolerância à glicose (GTT)

Após um período de jejum de 12 horas, o sangue da veia da cauda, foi coletado antes (T0), 30 minutos depois (T1), 60 minutos depois (T2) e 120 minutos, após (T3) a aplicação intraperitoneal de 2g de glicose. Então o teste intraperitoneal de tolerância à glicose (ipTTG) foi realizado após jejum noturno de 12 horas, usando injeção intraperitoneal de glicose hipertônica a 50% peso/volume (Samtec®, Brasil) na dose de 2 g·kg⁻¹ de peso corporal. Foram obtidas amostras de sangue periférico através de pequeno corte na porção distal da cauda dos animais, em um volume estimado em 5-10µL por coleta, nos tempos 0 (basal), 15, 30, 60 e 120

minutos após a injeção para mensuração dos níveis de glicose, usando glicosímetro Accu-Chek (Roche Diagnostics®, USA).

3.12 Teste de sensibilidade à insulina.

O teste intraperitoneal de sensibilidade à insulina (ipTSI) foi realizada pela manhã, com os animais em estado alimentado. Os animais receberam insulina 100UI/mL (Insulin N®, Novo Nordisk) na dose de 0,75UI/Kg de peso corporal, sendo mensurados os valores de glicose nos tempos 0 (basal), 15, 30, 60 e 120 minutos após a injeção. Os procedimentos de coleta e análise dos níveis de glicose foram semelhantes aos descritos para o ipTTG.

3.13 Sacrifício dos animais

A eutanásia dos animais se deu por decapitação imediata por guilhotina. Imediatamente após o sacrifício, foram obtidas amostras de sangue total. Logo em seguida foi congelado em nitrogênio líquido e armazenado a -80°C em freezer. O músculo gastrocnêmio foi removido cirurgicamente e as amostras foram imediatamente armazenadas a -80 °C para posterior análise.

3.14 Análise Estatística

Todos os dados foram processados utilizando o software GraphPad Prism (versão 8.0, GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA) e analisados com um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$). Os resultados são apresentados como média $\pm$ erro padrão da média (SEM). A significância estatística das diferenças entre os valores médios dos grupos de camundongos foi determinada através de ANOVA unidirecional ou bidirecional (nos testes de tolerância à glicose e sensibilidade à insulina). Para as comparações múltiplas, a ANOVA unidirecional foi seguida pelo pós-teste de Bonferroni.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos do uso de um suplemento alimentar hiperproteico à base do fruto do Cerrado, Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), em camundongos, avaliando os impactos na força muscular e no metabolismo, em um contexto de exercício físico resistido. Os resultados do experimento mostraram que a dieta AIN93M suplementada com Buriti, associada ao exercício físico, melhorou os parâmetros metabólicos em camundongos quando comparada ao grupo controle (AIN93M), ao grupo AIN93M com exercício físico e ao grupo AIN93M suplementado com *Whey Protein* e exercício físico. Estas análises bioquímicas constituem partes dos exames mais realizados na rotina dos laboratórios de bioquímica clínica. Foram feitas também Análise Plasmática, Sensibilidade à insulina, tolerância à glicose, Área do músculo gastrocnêmio – (US), Tecido muscular do gastrocnêmio, Força física (tabela 5).

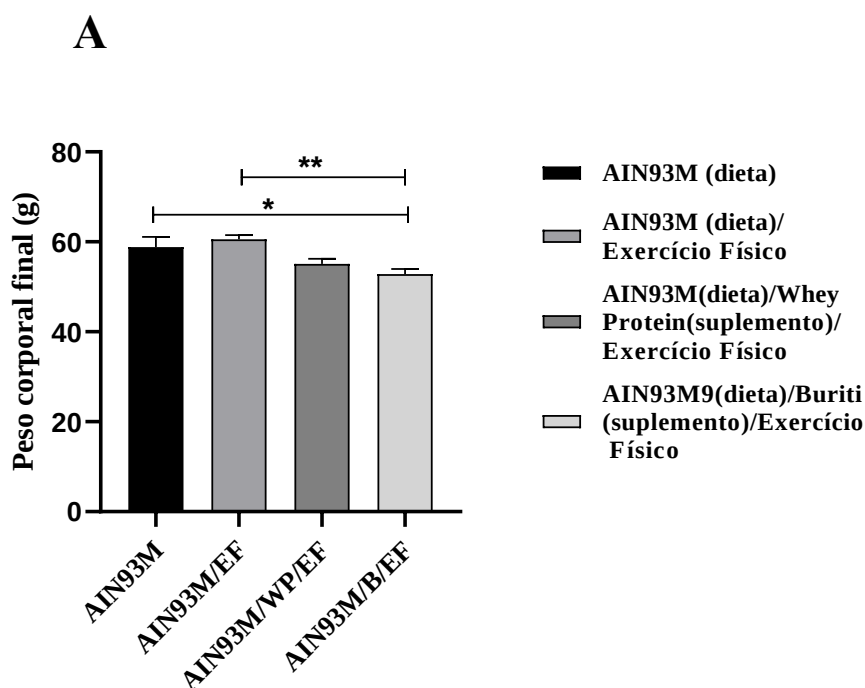
TABELA 5. Parâmetros metabólicos, Análise Plasmática, Sensibilidade à insulina, tolerância à glicose, Área do músculo gastrocnêmio – (US), Tecido muscular do gastrocnêmio, Força física.

	AIN93M	AIN93M/EF	AIN93M/WF/EF	AIN93M/B/EF
Adiposidade corporal	6,09±0,50	6,04±0,27	7,40±0,52	5,94±0,47
Peso corporal	58,83±6,48	60,54±2,65	55,13±3,20	52,81±3,23
Variação do peso corporal	20,43±6,44	20,83±2,55	23,74±4,41	16,61±3,00
AUC peso (12 sem.)	198,2±115,7	192,6±89,87	182,1±96,03	176,0±153,2
Triglicerídeos	209,6±75,06	178,6±45,42	137,0±17,22	197,5±63,03
LDL	50,00±39,87	35,00±17,94	42,29±25,20	36,86±19,85
HDL	60,13±21,70	73,38±18,59	60,00±20,89	58,75±24,93
Colesterol total	155,6±41,56	128,3±26,33	29,14±5,36	171,1±90,41
Tolerância à glicose	303,5±112,3	240,6±73,11	220,4±82,48	170,3±53,39
AUC tolerância glicose	346,6±149,8	239,6±100,0	238,9±63,7	206,8±86,3
Sensibilidade insulínica	31,40±13,68	19,8±5,72	20,38±5,92	18,89±6,61
Glicose em jejum	147,9±126,3	128,8±44,49	119,8±41,84	84,17±41,90
Área do gastrocnêmio	0,70±0,073	0,71±0,16	0,67±0,11	0,67±0,08
Força física	3,66±0,44	3,30±0,72	3,44±0,72	3,66±0,56
Média da força final	228,1±25,73	188,7±30,91	191,3±39,56	206,5±39,86
Teste de suspensão	21,63±14,61	22,54±12,82	18,67±9,53	27,05±13,59

4.1 Parâmetros metabólicos

Figura. 9 – Parâmetros Metabólicos

Peso Corporal Final (A), Δ peso final - peso inicial (B), e AUC Total - Peso Corporal ao Longo do Tempo -12 semanas (C) Adiposidade corrigida pelo peso (D). Efeitos da dieta AIN93M (manutenção) com suplemento a base buriti e exercício físico sobre parâmetros metabólicos em camundongos. Os valores apresentados são média $\pm$ SEM (n = 08). Diferenças significativas, usando ANOVA unidirecional e pós-teste de Bonferroni, são indicadas por asteriscos * (p < 0,05); ** (p < 0,01); **** (p < 0,0001).



Os valores apresentados são média $\pm$ SEM (n = 08). Diferenças significativas, usando ANOVA unidirecional e pós-teste de Bonferroni, são indicadas por asteriscos * (p < 0,05); ** (p < 0,01)

O gráfico representa o resultado do peso corporal final de camundongos submetidos a diferentes intervenções experimentais: dieta padrão (AIN93M), AIN93M com exercício físico, AIN93M suplementada com *Whey Protein* e exercício, e AIN93M suplementada com Buriti e exercício físico. Essa análise dos resultados permite discutir os efeitos das intervenções na composição corporal e no metabolismo.

O grupo controle AIN93-M sem exercício apresenta um peso corporal final maior em relação ao grupo AIN93-M/B/EF que realizaram exercício físico. A ausência de estímulos metabólicos (exercício) pode levar a menor gasto energético, favorecendo o acúmulo de gordura corporal e o aumento do peso total. A inatividade física está associada a um menor gasto energético diário, contribuindo para o balanço energético positivo e, consequentemente, para o ganho de peso e acúmulo de gordura corporal. A OMS enfatiza que o sedentarismo contribui para o desenvolvimento de obesidade, hipertensão arterial e dislipidemias, devido à

redução no gasto energético. A prática de atividade física regular é fundamental para prevenir o acúmulo de gordura corporal e o aumento do peso total, devido ao impacto positivo no metabolismo energético. De acordo com Prestes *et al.* (2016), o TR oferece inúmeros benefícios fisiológicos, incluindo o aumento da força máxima, potência, resistência e equilíbrio, além de promover melhorias no perfil lipídico, composição corporal e controle do metabolismo de repouso. Esses efeitos metabólicos positivos associados ao exercício são fundamentais para reduzir o peso corporal e otimizar a composição corporal, prevenindo o acúmulo de gordura observado no grupo sedentário.

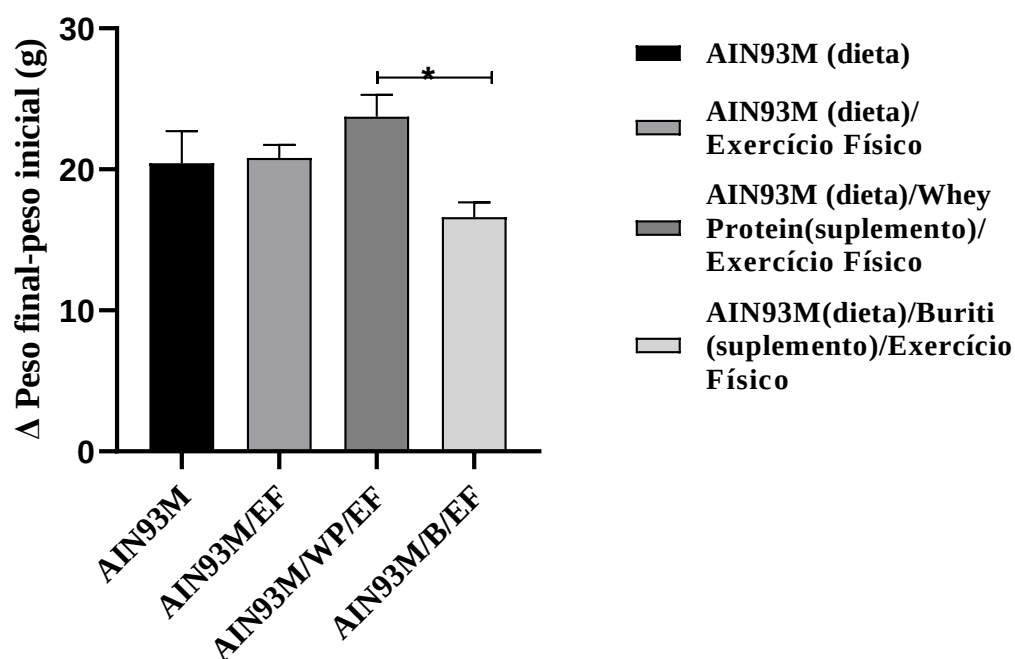
Em relação ao grupo Suplementado com AIN93-M/WP/ EF, O grupo apresenta peso corporal final intermediário, refletindo uma combinação eficaz entre suporte proteico e exercício físico para melhorar o equilíbrio entre massa muscular e gordura corporal. Estudos como o de Macnaughton *et al.* (2016) demonstram que a ingestão de proteínas de alta qualidade, como o *Whey Protein*, estimula a síntese proteica muscular (SPM) e contribui para a preservação da massa magra, mesmo em condições de balanço energético reduzido. Além disso, de acordo com Morton *et al.* (2018), a suplementação proteica associada ao treinamento resistido reduz a gordura corporal, promovendo adaptações metabólicas favoráveis. Esses resultados são ainda reforçados por Prestes *et al.* (2016), que destacam o impacto do treinamento resistido na composição corporal, e a redução da gordura corporal, efeitos que são potencializados pela ingestão adequada de proteínas. Com os resultados apresentados e com a base científica desses autores pode-se sustentar o efeito combinado da suplementação de *Whey Protein* e do exercício físico no controle do peso corporal e no equilíbrio entre massa muscular e gordura corporal.

O grupo alvo do experimento, suplementado com AIN93M/B/EF, demonstrou, ao final do estudo, que os parâmetros de peso corporal final apresentaram significância em relação ao grupo controle e aos demais grupos. O grupo suplementado com Buriti também apresentou peso corporal reduzido, semelhante ao grupo suplementado com *Whey Protein*, reforçando o potencial metabólico do Buriti. Estudos como o de Marcelino *et al.* (2022) destacam que o Buriti (*Mauritia flexuosa L.*), devido à sua composição rica em bioativos antioxidantes e anti-inflamatórios, pode modular positivamente o metabolismo lipídico e glicêmico, contribuindo para a redução do acúmulo de gordura corporal. Além disso, os compostos bioativos presentes no Buriti, como carotenoides e ácidos graxos essenciais, são conhecidos por promoverem benefícios cardiovasculares e metabólicos, conforme evidenciado por Bicalho *et al.* (2019).

Em um resultado comparativo entre AIN93-M/EF e AIN93/B/EF, ambos submetidos ao TR, O grupo AIN93-M/B/EF apresentou resultados significativamente melhores em relação

à redução do peso corporal final quando comparado ao grupo AIN93-M/EF. Esse efeito pode ser atribuído à suplementação com Buriti (*Mauritia flexuosa L.*), que, devido aos seus compostos bioativos, oferece benefícios adicionais ao exercício físico. Já o grupo AIN93-M/EF, embora tenha apresentado redução no peso corporal final em comparação ao controle (AIN93-M sem exercício), não mostrou o mesmo impacto significativo na modulação metabólica observado no grupo suplementado. O efeito Adicional da Suplementação com Buriti no Grupo AIN93-M/B/EF como destacado por Marcelino *et al.* (2022) diz que o Buriti (*Mauritia flexuosa L.*), é rico em carotenoides, tocoferóis e ácidos graxos insaturados, que possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Esses compostos atuam na regulação do metabolismo lipídico contribuindo para a redução do acúmulo de gordura corporal. Bicalho *et al.* (2019) observaram que a suplementação com Buriti melhora parâmetros metabólicos. A combinação de exercício físico e suplementação com Buriti no grupo AIN93-M/B/EF se mostrou mais eficaz na modulação do metabolismo e na redução de adiposidade corporal, quando comparada ao exercício físico no grupo AIN93-M/EF. Estudos como o de Lim *et al.* (2022) sugerem que o uso de suplementos com propriedades antioxidantes pode amplificar os benefícios do exercício físico, otimizando tanto a composição corporal quanto o metabolismo energético.

B



Os valores apresentados são média $\pm$ SEM (n = 08). Diferenças significativas, usando ANOVA unidirecional e pós-teste de Bonferroni, são indicadas por asteriscos * ($p < 0,05$).

O gráfico apresenta a variação de peso (Δ peso), calculada como a diferença entre o peso final e o peso inicial dos camundongos, avaliando os efeitos de diferentes intervenções metabólicas e suplementações.

AIN93M sem exercício que é o grupo controle, indicando que a ausência de exercício físico e suplementação resultou em maior ganho de peso durante o experimento. O grupo AIN93M sem exercício destaca o impacto negativo do sedentarismo na regulação do peso corporal, mesmo em condições de dieta equilibrada. Esses resultados corroboram a literatura existente que associa a inatividade física a maior ganho de peso e a riscos metabólicos. Intervenções que combinam dieta equilibrada e exercício físico são fundamentais para a otimização da composição corporal e prevenção de distúrbios metabólicos. Este achado está alinhado com estudos que associam o sedentarismo a menor gasto energético e maior acúmulo de gordura corporal (Warburton *et al.*, 2006).

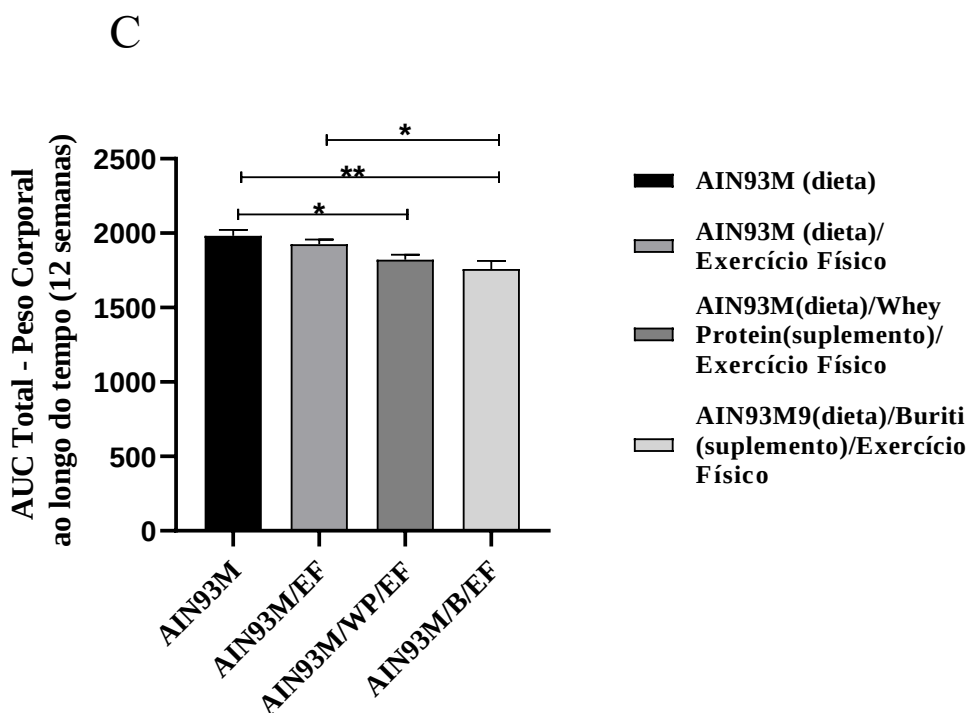
O grupo AIN93M com Exercício (AIN93M/EF) apresentou um resultado semelhante no Δ peso em relação ao grupo controle, sugerindo que, embora o exercício físico seja amplamente reconhecido por aumentar o gasto energético e modular o metabolismo, nesse contexto experimental ele pode não ter sido suficiente para gerar uma diferença estatisticamente significativa no ganho de peso. Essa similaridade pode estar associada a fatores como a intensidade, a duração do treinamento ou mesmo a adaptações metabólicas dos animais ao longo do período experimental. Lee *et al.* (2012) ressaltam que, para que os efeitos do exercício físico sejam mais evidentes, é fundamental considerar variáveis como frequência, intensidade e as interações com a dieta. Além disso, a ausência de suplementação com Nutricer à base de buriti ou *Whey Protein* nesse grupo pode ter limitado os potenciais ganhos de massa magra ou o maior controle do peso, conforme observado em outros estudos que relacionam o exercício físico a intervenções nutricionais específicas. Ademais, a composição da dieta AIN93-M, rica em carboidratos, pode ter influenciado os resultados, especialmente no Δ peso. Essa dieta foi formulada para atender às necessidades nutricionais de manutenção em roedores, sendo composta por aproximadamente 75,9% de carboidratos, conforme descrito por Reeves *et al.* (1993).

O Grupo Suplementado com *Whey Protein* e Exercício (AIN93M/WP/EF) apresentou uma variação de peso intermediária, menor do que a do grupo controle, mas similar à do grupo com Buriti. O *Whey Protein*, rico em aminoácidos essenciais, auxilia na manutenção da massa magra e na redução da gordura corporal, como apontado por Morton *et al.* (2018).

O suplemento com Buriti e Exercício (AIN93M/B/EF) este grupo demonstrou a menor variação de peso entre os grupos, reforçando o impacto positivo do Buriti na modulação

metabólica. Marcelino *et al.* (2022) e Bicalho *et al.* (2019) destacam que o Buriti, devido aos seus compostos bioativos (carotenoides e ácidos graxos essenciais), atua na melhora do perfil lipídico e na redução do acúmulo de gordura, otimizando a composição corporal e o controle do peso.

Em Comparação entre *Whey Protein* e Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) ambos os suplementos promovem redução no ganho de peso, o Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) parece ser mais eficaz na modulação de parâmetros metabólicos, provavelmente devido à presença de compostos bioativos. A diferença significativa observada entre os grupos suplementados com *Whey Protein* e Buriti no parâmetro analisado ($p < 0,05$) indica que os efeitos metabólicos ou corporais das duas suplementações são distintos. Essa divergência pode ser atribuída às diferenças em suas composições nutricionais e bioativos, que impactam de maneira única o metabolismo dos animais. A diferença significativa sugere que o *Whey Protein* e o Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) atuam de maneiras complementares, mas distintas, o *Whey Protein* com seus aminoácidos atuando na recuperação e o Buriti com seus compostos bioativos modulando o metabolismo lipídico e na redução da gordura corporal. Morton *et al.* (2018) mostram que a suplementação proteica maximiza a SPM em combinação com o exercício resistido. Marcelino *et al.* (2022) reforçam que o Buriti possui ação antioxidante e anti-inflamatória, com benefícios específicos na redução de adiposidade.



Diferenças significativas, usando ANOVA unidirecional e pós-teste de Bonferroni, são indicadas por asteriscos * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); **** ($p < 0,0001$).

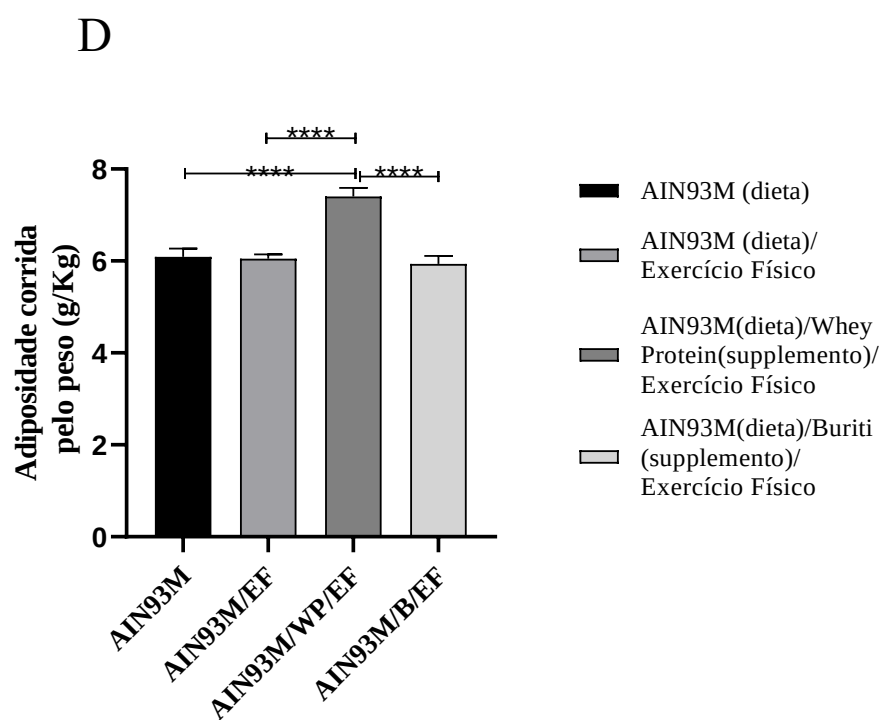
O gráfico avalia a AUC (Área Sob a Curva) do peso corporal ao longo de 12 semanas, comparando os grupos experimentais AIN93-M, AIN93M/EF, AIN93M/WP/EF e AIN93M/B/EF. Essa análise permitindo identificar como as intervenções influenciaram o ganho ou a manutenção do peso corporal ao longo do tempo.

O grupo AIN93M sem exercício físico representa o controle absoluto, recebendo apenas a dieta padrão. Nesse contexto, este grupo apresenta a maior AUC Total em comparação aos demais grupos, indicando que a ausência de exercício físico, combinada à dieta padrão, resultou em maior ganho de peso corporal ao longo das 12 semanas. A falta de estímulo físico, sem o aumento do gasto energético promovido pelo exercício físico, o grupo manteve um balanço energético positivo, com a ingestão calórica sendo superior ao gasto calórico. Isso resultou em maior acúmulo de peso. Para Warburton *et al.* (2006) apontam que a inatividade física está diretamente associada ao aumento do risco de ganho de peso e ao desenvolvimento de distúrbios metabólicos. Sem a suplementação com *Whey Protein* ou Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), que modulam parâmetros metabólicos específicos, os efeitos negativos do sedentarismo sobre o peso corporal foram ainda mais evidentes.

Grupo AIN93M/EF, submetido apenas ao exercício físico com a dieta padrão AIN93M, serve como referência de comparação para os demais grupos suplementados. Apesar do estímulo metabólico do exercício, a ausência de suplementação pode ter limitado a modulação mais eficiente do peso corporal ao longo do tempo. O exercício físico, isoladamente, contribui para o aumento do gasto energético e melhora o metabolismo basal. Contudo, sua eficácia pode ser limitada na ausência de suplementação, como observado nesse grupo. O exercício físico é essencial para prevenir o ganho excessivo de peso, mas sua interação com suplementações específicas potencializa seus efeitos.

O Grupo AIN93M/WP/EF, a suplementação com *Whey Protein* combinada ao exercício físico resultou em valores menores de AUC, sugerindo melhor controle do peso corporal ao longo das 12 semanas. A diferença significativa observada indica que o *Whey Protein* auxiliou na preservação da massa magra e no controle do metabolismo. Segundo Morton *et al.* (2018), a suplementação com *Whey Protein* em combinação com o exercício resistido promove aumento da síntese proteica muscular, melhorando a composição corporal e reduzindo a adiposidade. A suplementação proteica promoveu maior controle do peso corporal ao longo do tempo, alinhando-se a evidências que mostram sua capacidade de otimizar a composição corporal quando associada ao exercício. melhora do metabolismo energético, especialmente em combinação com o treinamento resistido.

O Grupo AIN93M/B/EF a suplementação com Buriti (*Mauritia flexuosa L.*), associada ao exercício físico, também demonstrou redução significativa na AUC em comparação ao grupo AIN93M/EF. Esse resultado pode ser atribuído às propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias do Buriti, que auxiliam na regulação do metabolismo lipídico. De acordo Marcelino *et al.* (2022) destacam que o Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) é rico em carotenoides e tocoferóis, que atuam na melhora da sensibilidade à insulina e no controle do peso corporal. Indica também que a combinação foi eficaz em prevenir o ganho de peso progressivo ao longo das 12 semanas. Isso pode estar relacionado à melhora na utilização de energia e à maior capacidade de oxidação de gorduras promovidas pelo exercício, potencializada pelos compostos bioativos do Buriti (*Mauritia flexuosa L.*). Comparação entre *Whey Protein* e Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) a diferença entre os grupos suplementados (AIN93M/WP/EF e AIN93M/B/EF) sugere que ambos apresentaram impacto positivo na modulação do peso, mas com mecanismos distintos. O *Whey Protein* é favorecido com aminoácidos, enquanto o Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) por meio de seus compostos bioativos. O gráfico demonstra que os grupos suplementados com *Whey Protein* e Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) apresentaram resultados melhores no controle do peso corporal ao longo de 12 semanas, com diferenças estatisticamente significativas em relação ao grupo controle (AIN93M/EF). Esses achados corroboram a literatura que aponta para a sinergia entre exercício físico e suplementação específica no controle metabólico e na composição corporal.



Diferenças significativas, usando ANOVA unidirecional e pós-teste de Bonferroni, são indicadas por asteriscos **** ($p < 0,0001$).

O gráfico avalia a adiposidade corrigida pelo peso corporal nos diferentes grupos experimentais. Esse parâmetro é essencial para entender a proporção de tecido adiposo em relação ao peso total, eliminando variações individuais relacionadas ao tamanho ou massa corporal dos animais.

O Grupo AIN93M sem apresentou a maior adiposidade corrigida pelo peso corporal, indicando que, na ausência de exercício físico, há maior acúmulo de gordura corporal proporcional ao peso total. Pode ser justificado pela falta de estímulo metabólico provocada pelo exercício físico que reduz a oxidação de ácido graxos e favorece o armazenamento de energia na forma de gordura. Como esse grupo ficou sem realizar exercício físico, ou seja, ficou na condição do sedentarismo, reforça a importância de ser ativo fisicamente, atividade moderada pode melhorar significativamente marcadores metabólicos, como os níveis de glicose e triglicerídeos pós-prandiais (Bailey, 2021).

O grupo AIN93M/EF (Exercício Físico) O exercício físico reduz a adiposidade corrigida pelo peso corporal em relação ao grupo controle (AIN93M sem exercício). Isso demonstra que o estímulo físico promove maior gasto energético e utilização de gorduras como substrato energético. Prestes *et al.* (2016) afirmam que o exercício físico, especialmente o resistido, contribui significativamente para a redução da gordura corporal, destacando sua eficácia na otimização da composição corporal. A dieta AIN93M com a composição rica em carboidratos da dieta AIN93M pode favorecer o acúmulo de gordura corporal, especialmente em grupos sedentários. Isso foi observado na maior adiposidade do grupo controle, sem intervenção física ou suplementação.

O grupo suplementado com *Whey Protein* associado ao exercício (AIN93M/WP/EF) apresenta adiposidade intermediária, sugerindo que a suplementação proteica auxilia na preservação da massa magra, mas pode não atuar diretamente na redução da adiposidade. De acordo com Morton *et al.* (2018) mostram que o *Whey Protein* é eficaz na preservação de massa magra e no estímulo à síntese proteica.

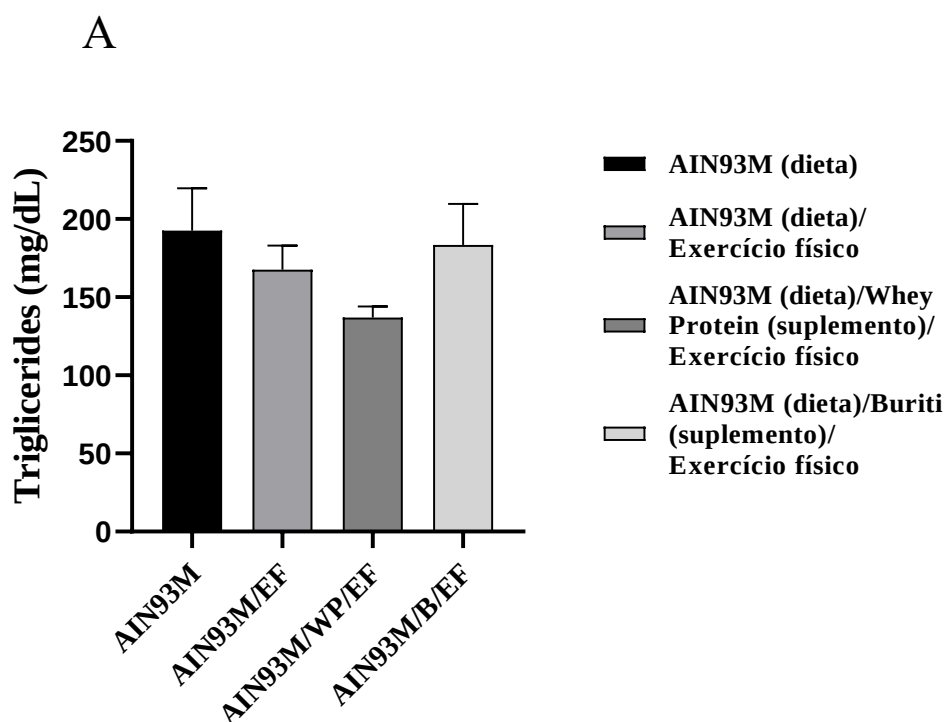
O Grupo AIN93M/B/EF suplementado com Buriti apresenta a menor adiposidade corrigida pelo peso corporal, destacando o impacto metabólico positivo de seus compostos bioativos, como carotenoides e tocoferóis, na redução do tecido adiposo. Para Marcelino *et al.* (2022) apontam que o Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) possui propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias que modulam o metabolismo lipídico e promovem a redução do acúmulo de gordura.

Comparando AIN93M/WP/EF vs. AIN93M/B/EF enquanto o *Whey Protein* favorece a preservação da massa magra, o Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) apresenta maior eficácia na redução de adiposidade, devido à modulação metabólica proporcionada pelos seus compostos bioativos. A comparação entre os grupos AIN93M/WP/EF e AIN93M/B/EF, com diferença significativa **** ($p < 0,0001$), evidencia os distintos efeitos metabólicos promovidos pela suplementação com *Whey Protein* e Buriti, mesmo quando associados ao exercício físico. O *Whey Protein* é amplamente reconhecido por sua capacidade de estimular a síntese proteica muscular (SPM), devido à sua alta concentração de aminoácidos essenciais, especialmente leucina, promovendo ganhos em massa magra e melhor recuperação muscular (Morton *et al.*, 2018). Por outro lado, o Buriti (*Mauritia flexuosa L.*), rico em compostos bioativos como carotenoides e tocoferóis, destaca-se por seus efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios, que modulam o metabolismo lipídico, melhoram a sensibilidade à insulina e promovem a redução de adiposidade (Marcelino *et al.*, 2022).

4.2 Análise Plasmática

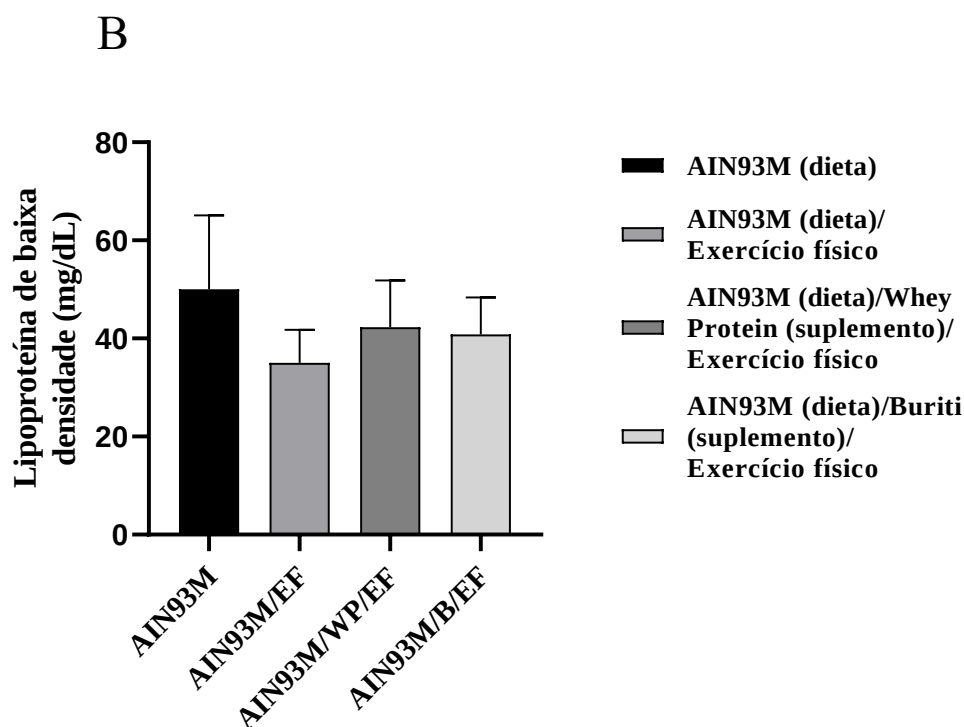
Figura 10. Análise de plasma

Efeitos da dieta AIN93M (manutenção) com suplemento a base de buriti e exercício físico na análise plasmática de camundongos. Triglicerídes (A), Lipoproteína de baixa densidade (B), Lipoproteína de alta densidade (C), Colesterol total (D) e Glicose (E). Os valores apresentados são média $\pm$ SEM ($n = 08$). Diferenças significativas, usando ANOVA unidirecional e pós-teste de Bonferroni, são indicadas por asteriscos * ($p < 0,05$); ***($p < 0,001$).



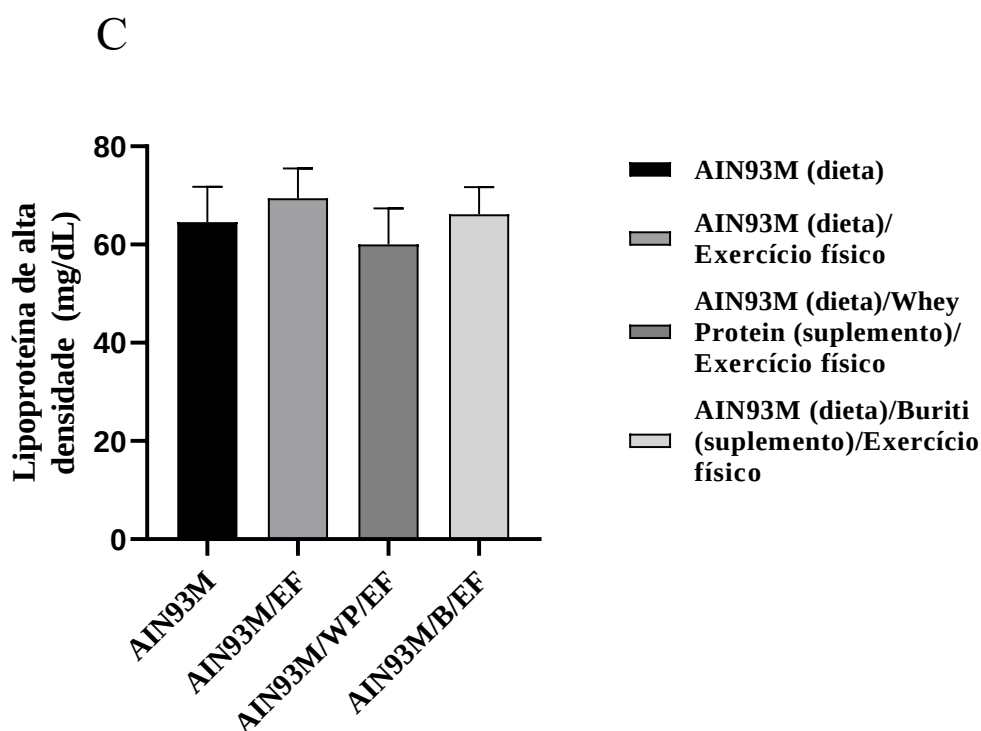
O gráfico apresenta os níveis plasmáticos de triglicerídeos (mg/dL) em diferentes grupos experimentais, incluindo a dieta controle (AIN93M) e intervenções com exercício físico e suplementação *Whey Protein* e Buriti (*Mauritia flexuosa L.*). Essa análise permite compreender como essas variáveis impactaram o metabolismo lipídico. Os níveis plasmáticos de triglicerídeos nos diferentes grupos experimentais não apresentaram diferença estatisticamente significativa, sugerindo que as intervenções realizadas, embora seja efetivas para outros marcadores metabólicos, não tiveram um impacto isolado e direto sobre esse parâmetro. Esse resultado pode estar relacionado à natureza do metabolismo de triglicerídeos, que é influenciado por fatores complexos, incluindo o tempo de intervenção, a intensidade do exercício físico e a composição específica da dieta ou suplementação. Estudos anteriores, como

os de Morton *et al.* (2018), destacam que os efeitos sobre triglicerídeos plasmáticos podem demandar períodos de intervenção mais prolongados ou uma maior intensidade de estímulos metabólicos. Apesar disso, os dados sugerem que intervenções como o exercício físico e a suplementação podem modular outros aspectos do metabolismo lipídico, como a sensibilidade à insulina e a lipólise, que podem ter contribuído para tendências não significativas observadas. A ausência de diferença significativa nos triglicerídeos entre os grupos indica que nem a suplementação com a base de Buriti (*Mauritia flexuosa*), nem o exercício físico (que normalmente há uma redução nos triglicerídeos) não foi suficiente para causar uma mudança significativa no curto prazo ou com o protocolo utilizado.



O gráfico apresenta os níveis plasmáticos de lipoproteína de baixa densidade (LDL) nos diferentes grupos experimentais. Observa-se que não houve diferença significativa nos níveis de LDL entre os grupos experimentais, mesmo com a aplicação de intervenções como exercício físico e suplementação *Whey Protein* e Buriti (*Mauritia flexuosa*). Isso sugere que os mecanismos que regulam a concentração de LDL podem não ter sido diretamente impactados pelas intervenções aplicadas. AIN93M sem exercício físico os níveis de LDL relativamente elevados refletem o impacto de um balanço energético positivo e do sedentarismo, embora sem

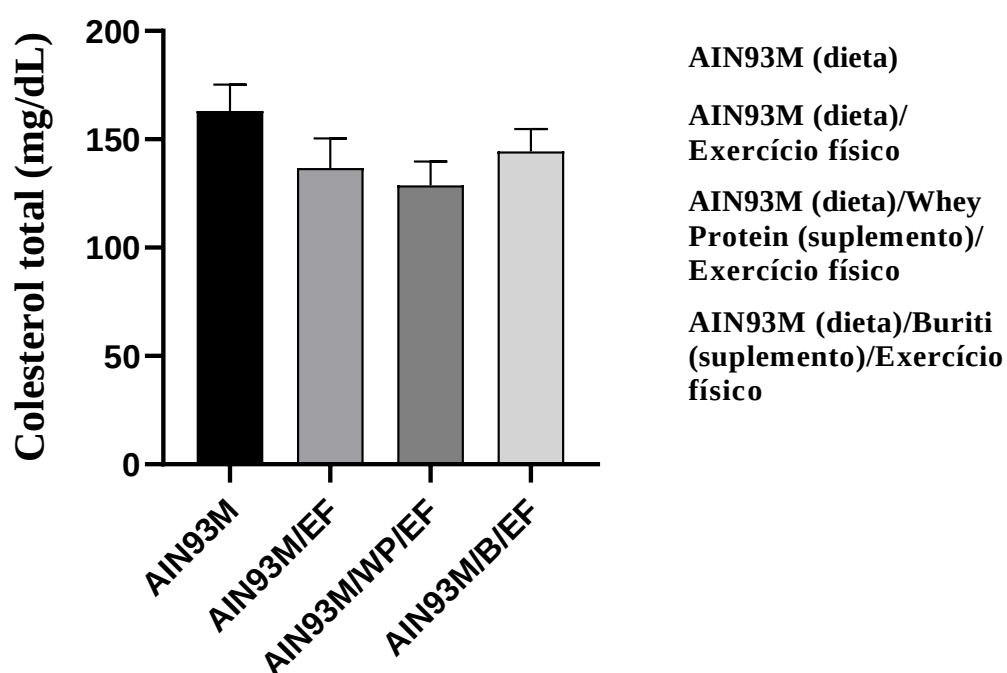
diferença significativa em relação aos grupos com intervenção. No grupo AIN93M/EF, O exercício físico promove adaptações metabólicas, como maior oxidação de ácidos graxos e lipoproteínas. Contudo, essas adaptações podem não impactar diretamente os níveis de LDL em camundongos alimentados com dieta AIN93M. Em relação ao grupo AIN93M/WP/EF a suplementação com *Whey Protein* associada ao exercício não influenciou os marcadores lipídicos. Já o grupo AIN93M/B/EF, apesar das propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias do Buriti, que poderiam impactar o metabolismo lipídico, os níveis de LDL não diferiram significativamente.



O gráfico apresenta os níveis plasmáticos de lipoproteína de alta densidade (HDL) nos diferentes grupos experimentais. Apesar das intervenções com exercício físico e suplementação com *Whey Protein* ou Buriti (*Mauritia flexuosa*), não houve diferença significativa entre os grupos. Sugere que, embora em outros parâmetros tenha mostrado efeitos positivos como sensibilidade a insulina e peso corporal, ela não foi suficiente para modificar o HDL. Isso pode ter acontecido a vários fatores, o HDL é influenciado por fatores genéticos, além de fatores dietéticos e de exercício. Alterações significativas no HDL costumam requerer intervenções

mais prolongadas ou dietas específicas, como aquelas ricas em ácidos graxos monoinsaturados e poli-saturados, combinação de estratégia dietética e de exercício físico. As gorduras, embora menos utilizadas como fonte primária de energia em exercícios intensos, têm um papel significativo em atividades de longa duração e no metabolismo de repouso (Burke *et al.*, 2011). O Exercício físico normalmente é capaz de aumentar os níveis de HDL, mas a magnitude desse efeito varia dependendo do tipo, intensidade e frequência do exercício (Stopapani, 2017). Com esses grupos não houve efeitos positivos no HDL.

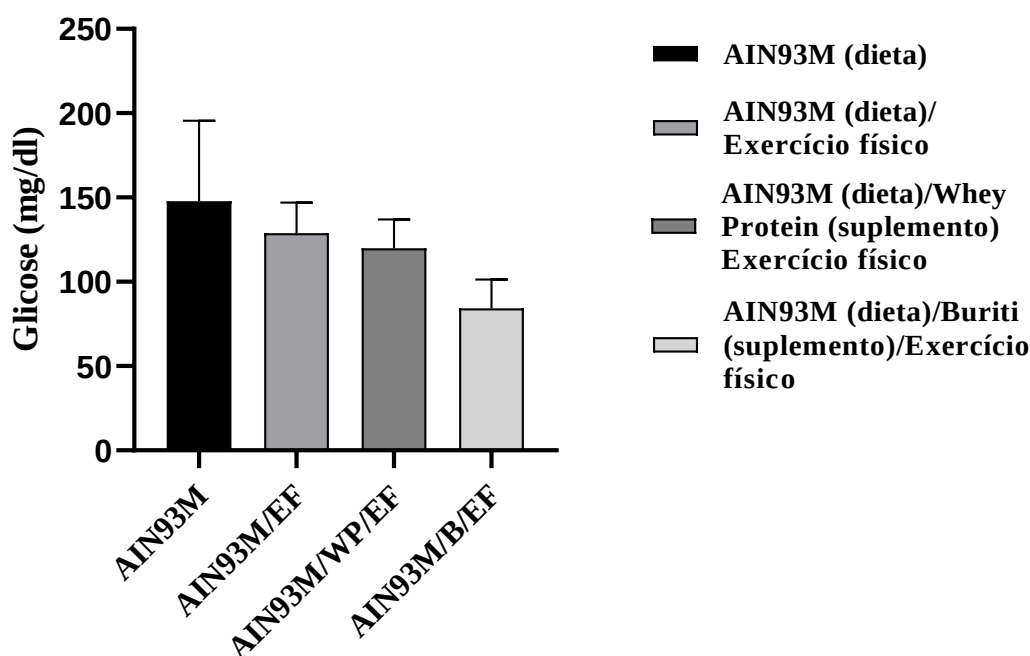
D



O gráfico apresenta os níveis plasmáticos de colesterol total entre os diferentes grupos experimentais. Apesar das intervenções com exercício físico e suplementação com *Whey Protein* ou Buriti (*Mauritia flexuosa*), não houve diferença significativa nos níveis de colesterol total entre os grupos. O grupo AIN93M sem Exercício apresentou níveis de colesterol total relativamente estáveis, refletindo a homeostase lipídica típica de camundongos alimentados com a dieta padrão AIN93M. No grupo AIN93M/EF, o exercício promoveu adaptações metabólicas gerais, mas sem alterações significativas nos níveis de colesterol total. Já no grupo AIN93M/WP/EF, a suplementação com *Whey Protein* não influenciou significativamente o

colesterol total. Por sua vez, o grupo AIN93M/B/EF, embora suplementado com Buriti, conhecido por suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, também apresentou níveis estáveis de colesterol total. Embora o exercício físico, o *Whey Protein* e o Buriti apresentem benefícios claros no metabolismo lipídico, seus efeitos no colesterol total podem ser menos evidentes devido às condições experimentais, como a dieta equilibrada AIN93M e o curto período de intervenção (Reeves *et al.* 1993; Prestes *et al.* 2016; Morton *et al.* 2018).

E

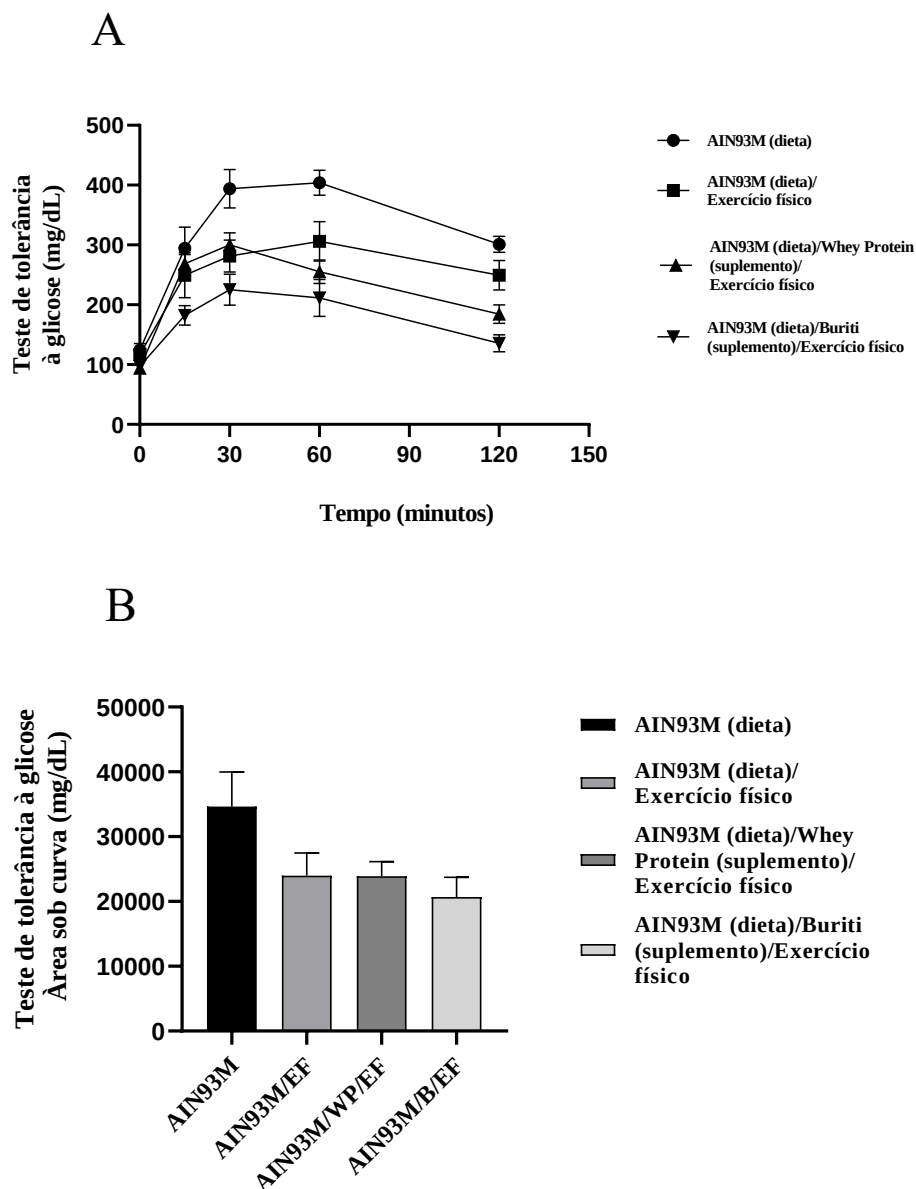


O gráfico apresenta os níveis plasmáticos de glicose em diferentes grupos experimentais. Embora tenha havido intervenções como exercício físico e suplementações com *Whey Protein* e Buriti (*Mauritia flexuosa*), não houve diferença significativa entre os grupos. Os níveis de glicose plasmática não mostraram variação estatisticamente significativa entre os grupos, sugerindo que as intervenções aplicadas, sob as condições experimentais do estudo, não foram suficientes para alterar esse parâmetro. Apesar da ausência de diferenças significativas nos níveis de glicose entre os grupos, a melhora na sensibilidade à insulina nos grupos suplementados e com exercício físico pode indicar uma menor demanda de insulina para manter a glicemia estável. Isso sugere que o mecanismo de regulação glicêmica foi beneficiado pelas intervenções, mesmo sem refletir alterações diretas nos níveis plasmáticos de glicose.

4.3 Sensibilidade à insulina e tolerância à glicose

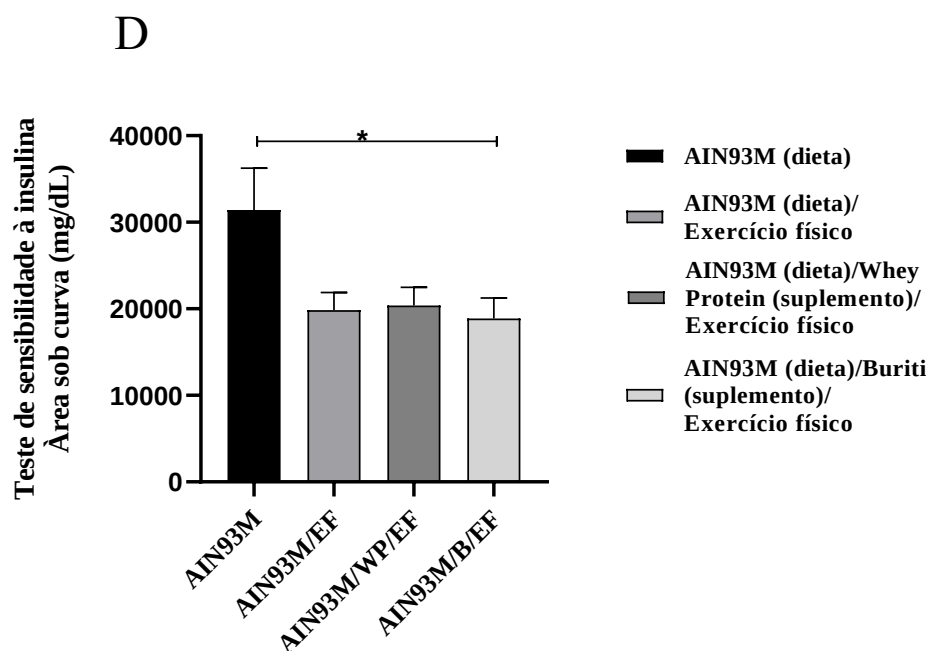
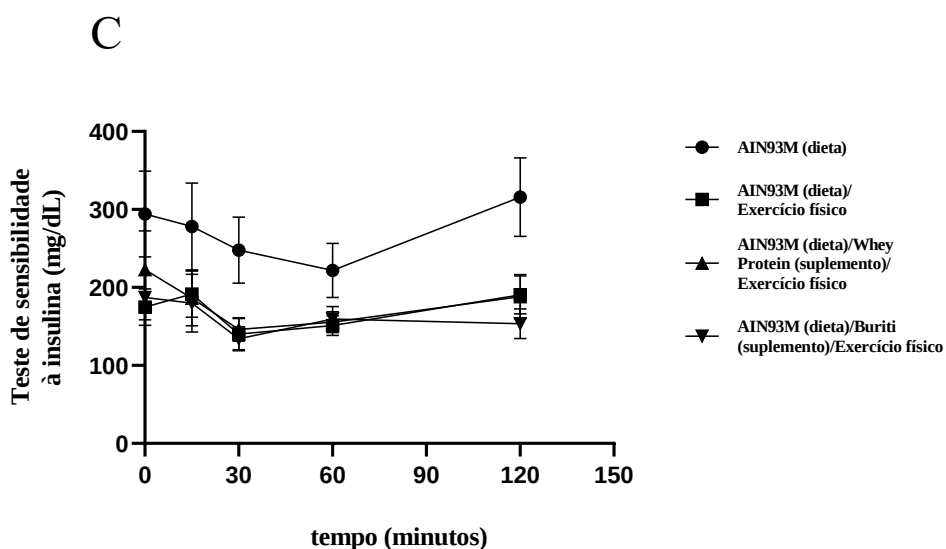
Figura 11. Sensibilidade à insulina e tolerância à glicose

Efeitos da dieta AIN93M (manutenção) com suplemento a base de buriti e exercício físico na sensibilidade à insulina e tolerância à glicose em camundongos. (A, B) Teste intraperitoneal de tolerância à glicose (ipGTT) e área sob a curva de glicose (ipGTT); (C, D) Teste de Sensibilidade à Insulina Intraperitoneal (ipIST) e área sob a curva. Diferenças significativas, usando ANOVA e pós-teste de Bonferroni, são indicadas por asteriscos * ($p < 0,05$): Área sob a curva do Teste de Sensibilidade à Insulina Intraperitoneal (ipGTT).



O gráfico apresenta os resultados do teste de tolerância à glicose (GTT), que avalia a capacidade do organismo de metabolizar a glicose ao longo do tempo. Os resultados demonstram que não houve diferença significativa entre os grupos, indicando que as intervenções aplicadas com exercício físico e suplementações com *Whey Protein* e Buriti

(*Mauritia flexuosa*) não influenciaram de forma expressiva a tolerância à glicose nos camundongos. A ausência de diferenças nos resultados do GTT entre os grupos pode ser atribuída à homeostase glicêmica típica dos camundongos saudáveis alimentados com a dieta AIN93M. Esse resultado sugere que, sob as condições experimentais do estudo, os camundongos mantiveram sua capacidade de metabolizar a glicose de forma eficiente, independentemente das intervenções.



Os gráficos apresentam os resultados do teste de sensibilidade à insulina, indicando uma diferença significativa nos valores da área sob a curva (ASC) entre os grupos. Esse teste

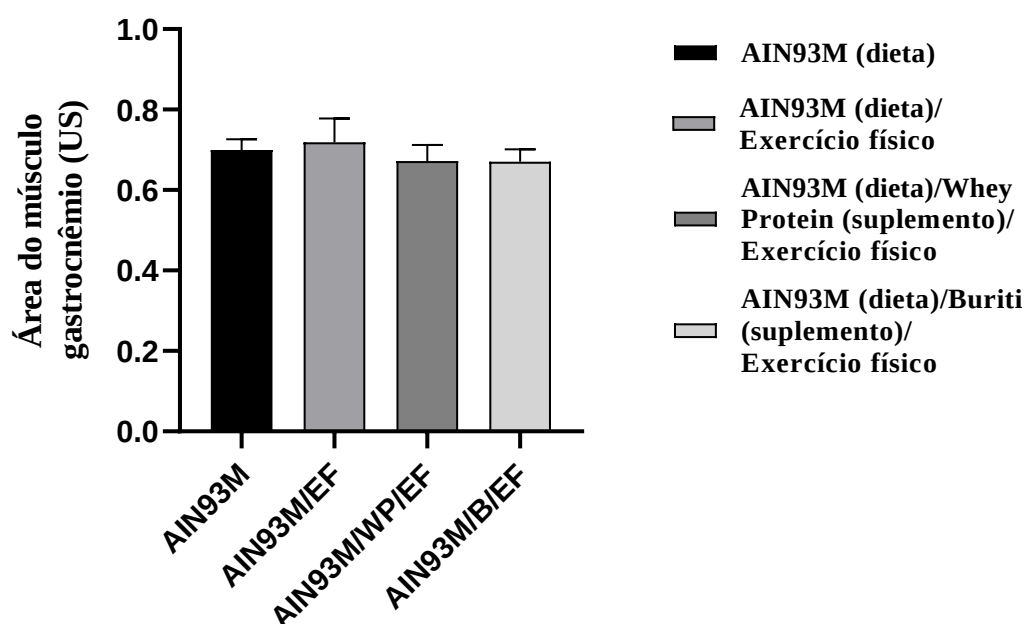
avalia a resposta do organismo à insulina exógena, sendo um marcador importante de resistência ou sensibilidade à insulina.

Com o resultado positivo trazido nesse gráfico representado na última coluna com a combinação de AIN93-M com suplemento hiperproteico à base de Buriti (*Mauritia flexuosa*) e exercício físico (AIN93-M/B/EF) é possível observar a diferença significativa * ($p < 0,05$). Esse grupo teve uma função importante na melhora da sensibilidade à insulina, especialmente quando combinado com exercício físico. O Buriti (*Mauritia flexuosa*) é um fruto rico em compostos bioativo, como carotenoides e ácidos graxos, que têm propriedades antioxidantes e anti-inflamatória. Esses compostos podem reduzir o estresse oxidativo e a inflamação, favorecendo a ação da insulina no tecido muscular. Os resultados do teste de sensibilidade à insulina evidenciam os benefícios do exercício físico e da suplementação no metabolismo glicêmico. O grupo controle AIN93M sem exercício apresentou a maior área sob a curva (ASC), refletindo resistência à insulina. Em contrapartida, (AIN93M/EF) foi suficiente para melhorar a sensibilidade à insulina, demonstrada pela redução significativa na ASC. O grupo (AIN93M/WP/EF) potencializou esse efeito, provavelmente devido ao estímulo à captação de glicose mediado por aminoácidos como a leucina. De forma semelhante, mas com diferença significativa em relação ao grupo controle AIN93-M sem exercício, o Buriti (AIN93M/B/EF) promoveu benefícios metabólicos relacionados à sensibilidade à insulina, atribuídos às suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Esses achados estão alinhados com estudos prévios, como os de Prestes *et al.* (2016) e Marcelino *et al.* (2022), que destacam os papéis complementares do exercício físico e de compostos bioativos no controle glicêmico e na sensibilidade à insulina. Embora os níveis de glicose plasmática (GTT) não tenham mostrado diferenças significativas entre os grupos, o teste de sensibilidade à insulina indica que as intervenções melhoraram a eficiência metabólica do organismo. Isso sugere que os grupos submetidos ao exercício e suplementação necessitaram de menores concentrações de insulina para manter a glicose dentro da faixa normal.

4.4 Área do músculo gastrocnêmio – Ultrassonografia muscular

Figura 12. Área do músculo gastrocnêmio – Ultrassonografia muscular

Área do músculo gastrocnêmio (ultrassom). Os dados são apresentados como média $\pm$ SEM. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, comparando a mesma dieta sem exercício físico e com exercício físico. Dados analisados por ANOVA unidirecional.



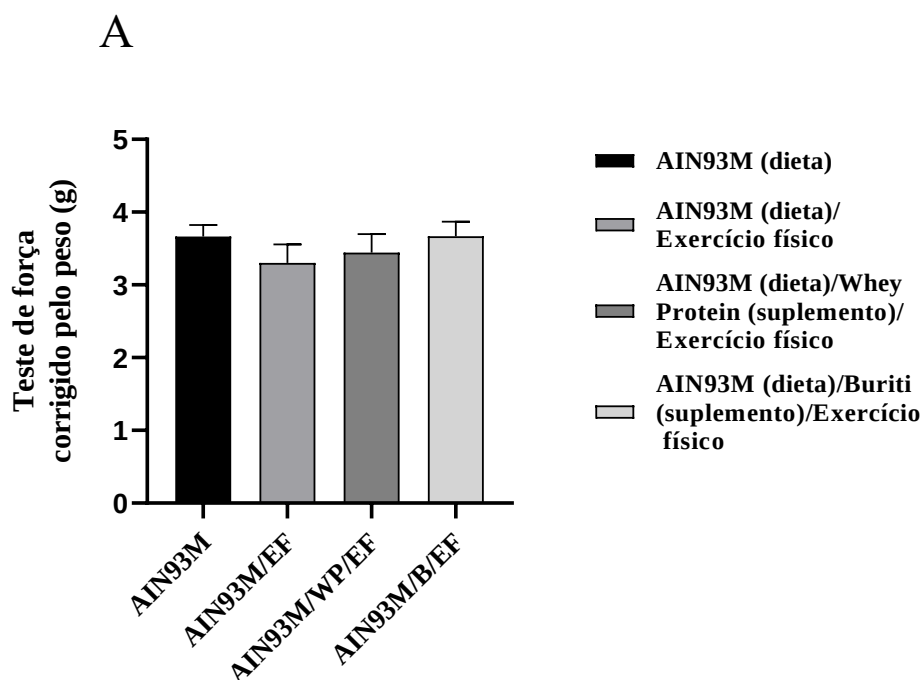
O gráfico apresenta os resultados relacionados à área do músculo gastrocnêmio (US) nos diferentes grupos experimentais. Os dados indicam que não houve diferença significativa entre os grupos, mesmo com intervenções de exercício físico e suplementação *Whey Protein* e *Buriti* (*Mauritia flexuosa*). O exercício físico é um potente estímulo para o crescimento muscular, especialmente quando associado a treinos de alta intensidade ou sobrecarga progressiva. No entanto, em camundongos, o tempo de intervenção e a intensidade do treinamento podem não ter sido suficientes para induzir hipertrofia significativa no gastrocnêmio. O gastrocnêmio, devido à sua composição mista de fibras de contração rápida e lenta, é amplamente utilizado como modelo experimental para investigar adaptações musculares a diferentes estímulos, como treinamento resistido e suplementação, dada sua relevância funcional na locomoção e resposta a intervenções metabólicas (Schiaffino & Reggiani, 2011). O treinamento resistido é mais efetivo para promover aumento de massa

muscular, mas depende de variáveis como intensidade, volume e duração do treinamento. (Prestes *et al.*, 2016; Stopapani, 2017) Embora não tenha havido diferenças significativas na área do músculo gastrocnêmio entre os grupos, isso pode ser explicado pela ausência de estímulos de alta intensidade ou sobrecarga progressiva no treinamento. Os efeitos das intervenções aplicadas, como o *Whey Protein* e o Buriti (*Mauritia flexuosa*), podem ser mais evidentes em marcadores de recuperação e função muscular do que em alterações morfológicas, especialmente em curto prazo.

4.5 Força Física

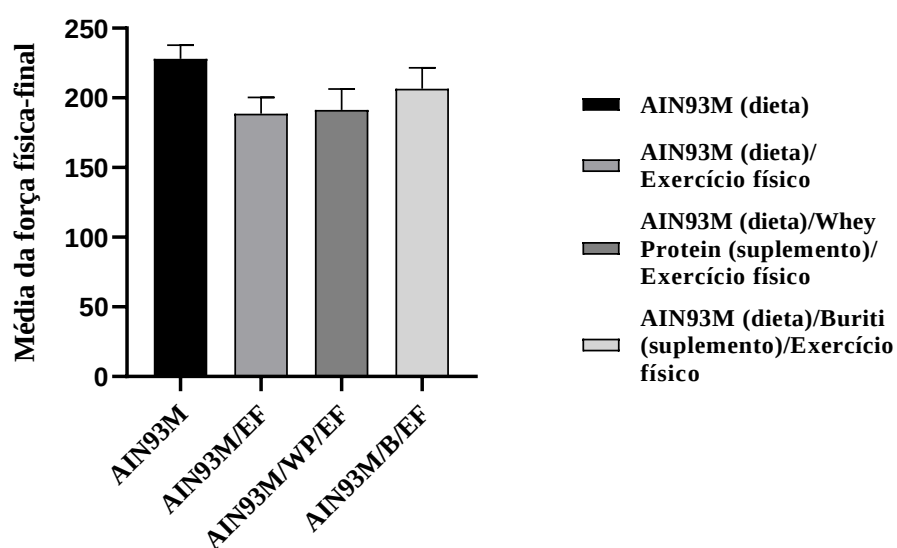
Figura 13 - Força física:

A) Teste de Força com Peso Corrigido; B) Média Força Física – Final; C) Média da Força de Suspensão. Os dados são apresentados como média $\pm$ SEM. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, comparando a mesma dieta sem exercício físico e com exercício físico. Dados analisados por ANOVA unidirecional.



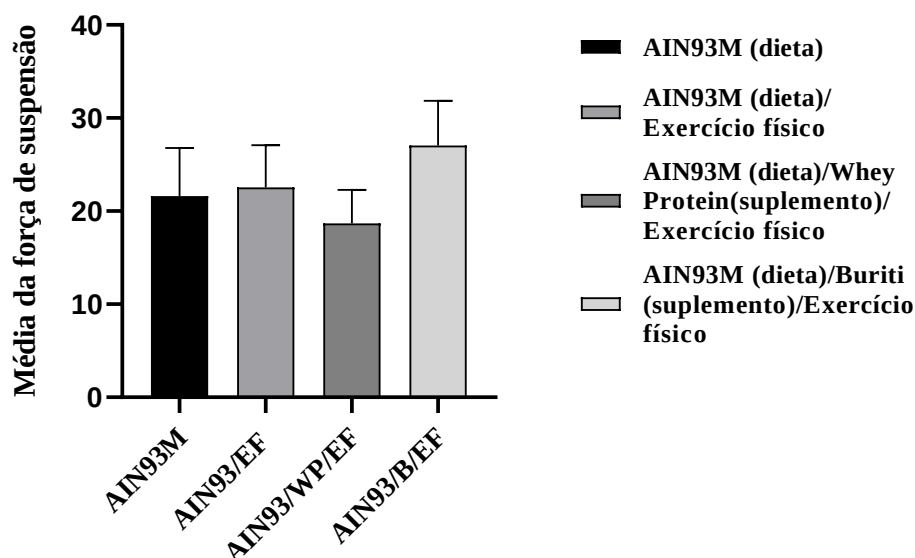
O gráfico apresenta os dados de um parâmetro medido nos diferentes grupos experimentais, onde não houve diferença significativa entre os grupos. Essa ausência de diferença sugere que as intervenções aplicadas com exercício físico, suplementação com *Whey*

Protein e Buriti (*Mauritia flexuosa*) não foram suficientes para promover alterações detectáveis nesse marcador. Os resultados do teste de força corrigido pelo peso corporal demonstraram ausência de diferença significativa entre os grupos experimentais. Essa uniformidade pode estar relacionada ao tipo e à intensidade do treinamento aplicado, bem como à composição equilibrada da dieta AIN93M, que proporciona homeostase metabólica e muscular. Embora o exercício físico seja reconhecido por melhorar a força muscular, Stopapani, (2017) indicam que o aumento significativo da força depende de estímulos de alta intensidade e sobrecarga progressiva, entre outras variáveis de exercício físico, condições que podem não ter sido plenamente atendidas no presente estudo.



O gráfico apresenta a média da força física final entre os grupos experimentais, indicando que não houve diferença significativa entre os grupos. Essa ausência de diferença sugere que as intervenções, como exercício físico e suplementação com *Whey Protein* e Buriti (*Mauritia flexuosa*), não foram suficientes para promover alterações detectáveis na força muscular dentro do contexto experimental. A ausência de diferenças significativas na força física final entre os grupos pode ser atribuída às características experimentais, como a dieta AIN93M, que promove homeostase metabólica, e à intensidade do treinamento aplicado. Estudos, como os de Prestes *et al.* (2016), indicam que adaptações significativas na força muscular dependem de estímulos específicos e intensos, como o treinamento resistido com sobrecarga progressiva. Além disso, enquanto o *Whey Protein* (Morton *et al.*, 2018) e o Buriti (Marcelino *et al.*, 2022) demonstram potencial para melhorar a recuperação muscular e a força

em condições específicas, seus efeitos podem ser limitados em modelos experimentais sem estressores metabólicos ou musculares intensos.



O gráfico apresenta os resultados da média da força de suspensão entre os grupos experimentais, indicando que não houve diferença significativa entre eles. Isso sugere que as intervenções aplicadas, como exercício físico e suplementação com *Whey Protein* e Buriti (*Mauritia flexuosa*), não alteraram significativamente o desempenho nesse teste. Não foi diferente dos gráficos de força acima, a ausência de diferenças significativas nos três gráficos sugere que, embora as intervenções possam ter promovido adaptações metabólicas e de recuperação muscular, essas mudanças não foram suficientemente intensas para impactar a força de forma detectável nos testes realizados. Além disso, o curto período de intervenção e a intensidade moderada do protocolo experimental podem ter contribuído para a estabilidade dos resultados.

A literatura científica tem avançado significativamente na compreensão dos efeitos de intervenções nutricionais e físicas em parâmetros metabólicos, inflamatórios e musculares. Estudos recentes têm destacado o papel de alimentos ricos em compostos bioativos, como o Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), e suplementos proteicos, como o *Whey Protein*, na melhora de marcadores de saúde e no desempenho físico. Além disso, a combinação dessas intervenções com estratégias como o treinamento de resistência demonstra potencial na mitigação de efeitos metabólicos adversos e na otimização da recuperação muscular. A seguir, são apresentados

estudos que corroboram com os achados deste trabalho, reforçando a relevância dessas abordagens em contextos experimentais e populacionais.

Alguns estudos com achados que corroboram os resultados deste trabalho incluem o de Marcelino *et al.* (2022), que destaca a ação do Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) devido às suas propriedades cardioprotetoras e anti-inflamatórias. No estudo, análises físico-químicas demonstraram a alta estabilidade do óleo de Buriti, além de avaliar os efeitos da suplementação com o óleo, isolado e combinado com azeite de oliva, sobre parâmetros metabólicos em seis grupos experimentais de camundongos Swiss. Os resultados indicaram que a suplementação não afetou o consumo alimentar, o ganho de peso ou causou alterações histológicas significativas no fígado. No entanto, a combinação de óleo de Buriti com azeite de oliva apresentou efeitos positivos nos perfis lipídicos e nos marcadores inflamatórios, sugerindo potenciais benefícios para a saúde cardiovascular. O estudo concluiu que o óleo de Buriti é uma alternativa promissora para suplementação alimentar, recomendando investigações futuras em dietas hipercalóricas (Marcelino *et al.*, 2022).

Para um alimento hiperproteico foi feito um estudo pré-clínico que investigou os efeitos das dietas hiperproteicas (DHPs) no controle glicêmico, no tamanho dos adipócitos e nos marcadores inflamatórios no tecido adiposo epididimal em ratos Wistar, com e sem treinamento de resistência (TR). Os ratos foram divididos em quatro grupos: dieta normoproteica (DNP) e DHP, ambos com e sem TR. Após 12 semanas, os resultados mostraram que a DHP sem TR resultou em intolerância à glicose, aumento do tamanho dos adipócitos e elevação dos níveis de citocinas inflamatórias (TNF- α , MCP-1 e IL1- β). No entanto, a inclusão de TR mitigou esses efeitos negativos, com o grupo DHP + TR apresentando melhor controle glicêmico e redução dos marcadores inflamatórios. Além disso, o TR aumentou a expressão de glutatona reduzida, independentemente da dieta. Esses achados sugerem que o TR pode proteger contra os efeitos prejudiciais das DHPs, melhorando a saúde metabólica e reduzindo a inflamação no tecido adiposo (Medeiros *et al.*, 2021).

Macnaughton *et al.*, (2016) conduziram uma pesquisa que explorou a relação entre a massa corporal magra (MCM) e a síntese de proteína miofibrilar (SPM) em homens jovens treinados após a ingestão de proteína pós-exercício de resistência. Os participantes, divididos em grupos com menor e maior MCM, consumiram 20 ou 40 g de proteína de soro de leite. Os resultados indicaram que 40 g de proteína promoveram uma maior estimulação da SPM em comparação com 20 g, independentemente do MCM dos indivíduos. Isso sugere que a ingestão de 20 g de proteína é insuficiente para a máxima estimulação da SPM após exercícios e resistência de corpo inteiro. O estudo ressalta a importância de considerar a quantidade de

músculo exercitado na resposta da SPM e sinaliza a necessidade de revisar as recomendações de ingestão de proteínas pós-treino para otimizar os ganhos de massa muscular. Estudos futuros devem investigar as doses ótimas de proteína necessárias para diferentes populações e tipos de treinamento.

O estudo de revisão publicado por Gu, (2023) sugeriu que a suplementação com proteína de soro de leite pode ser eficaz na recuperação de lesões musculares induzidas por exercício (RLMIE), contribuindo para a aceleração do reparo do tecido e aumento na síntese de proteínas e aminoácidos. Estudos indicam que a suplementação reduz significativamente os níveis de creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) em 24 e 48 horas após exercícios, especialmente em indivíduos treinados, sugerindo uma melhoria na recuperação muscular e menor dano tecidual pós-exercício. Contudo, os efeitos podem variar conforme o momento inicial do dano muscular, tipo de exercício, e o nível de treinamento dos participantes. A análise dessa revisão envolveu bases dados até março de 2022 e utilizou a ferramenta de colaboração Cochrane para avaliar o risco de viés. Essas evidências classificam a eficácia da proteína de soro de leite na recuperação de RLMIE com um nível de evidência II para estudos terapêuticos, indicando resultados robustos, mas com algumas ressalvas quanto à generalização.

De acordo com Mazza *et al.*, (2022), em sua pesquisa transversal, encontrou que o uso de suplementos alimentares tem se tornado mais frequente, especialmente entre praticantes de atividades físicas. O estudo, realizado com 1.401 universitários de uma universidade pública, investigou o consumo desses suplementos. Os resultados indicaram que 29,7% dos estudantes fazem uso de suplementos, sendo os mais comuns Whey Protein (79%), Maltodextrina (48%) e isotônicos (45%). A prática de atividades físicas em academias foi associada a uma probabilidade 158% maior de utilização de suplementos, com o consumo mais prevalente entre homens jovens. Os achados deste estudo sugerem a necessidade de aprofundamento das investigações sobre o uso de suplementos, especialmente em relação aos efeitos a médio e longo prazo. A colaboração entre nutricionistas e profissionais de educação física é fundamental para abordar essa questão no contexto da saúde coletiva. Destaca-se que o Whey Protein é um dos suplementos mais consumidos.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados, a suplementação hiperproteica à base do fruto do Cerrado Buriti (*Mauritia flexuosa L.*), em combinação com exercício físico, apresentou efeitos positivos em camundongos, especialmente na redução da adiposidade corporal e na melhora de parâmetros metabólicos, como controle de peso e aumento da sensibilidade à insulina. Esses achados indicam que o suplemento de Buriti, aliado à prática de exercícios, pode auxiliar no controle metabólico e na saúde muscular, oferecendo uma alternativa promissora para o manejo de distúrbios metabólicos e para a promoção da saúde geral. No entanto, são necessários mais estudos para confirmar esses efeitos, investigar os mecanismos envolvidos e avaliar a aplicabilidade em seres humanos. A Figura 14 ilustra os principais efeitos do suplemento hiperproteico à base do fruto do Cerrado Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) em combinação com o treinamento resistido (TR) sobre o metabolismo.

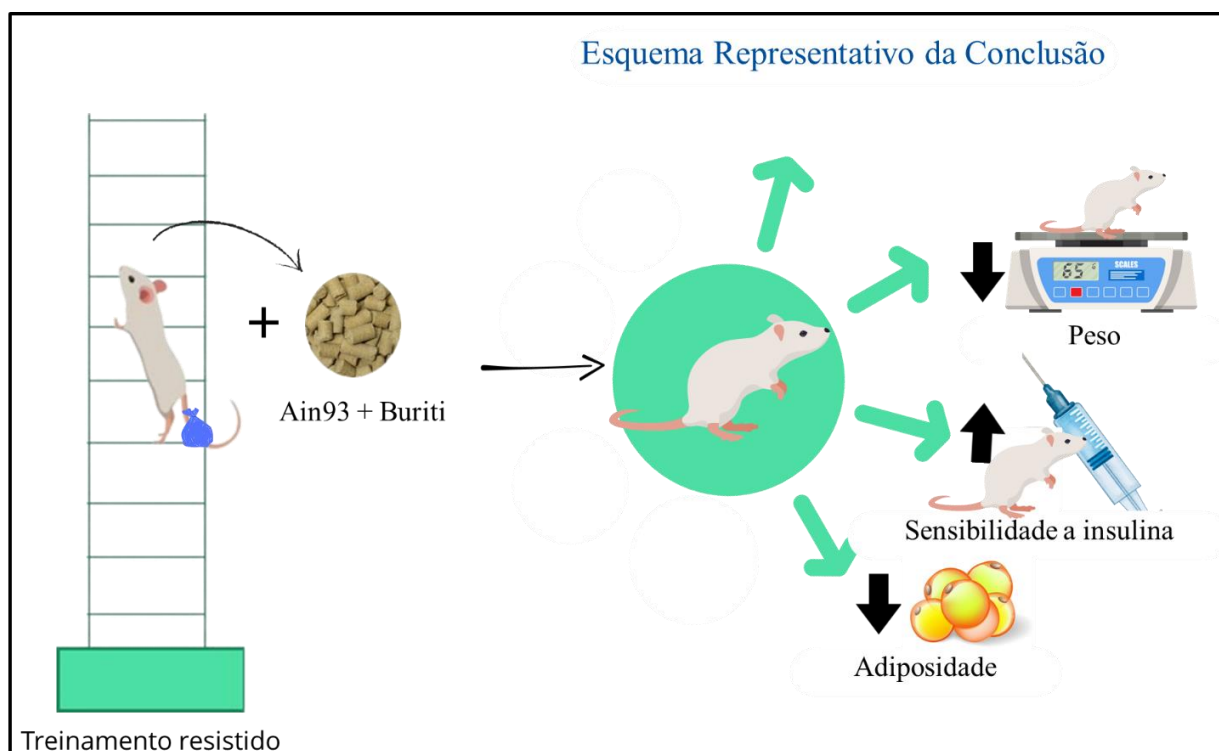


Figura 14. Esquema Representativo da Conclusão.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P.; LEAL-CARDOSO, J. H.; CECCATTO, V. M. Adaptação do músculo esquelético ao exercício físico: considerações moleculares e energéticas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, n. 1, p. 1-6, 2017.
- ALVES-SANTOS, A. M.; FERNANDES, D. C.; NAVES, M. M. V. Baru (*Dipteryx alata* Vog.) fruit as an option of nut and pulp with advantageous nutritional and functional properties: A comprehensive review. **NFS Journal**, v. 24, p. 26-36, 2021.
- AMORIM, M.; DEVITTE, R.; SILVA, M.; SANTOS, P. Alimentos funcionais e saúde: uma revisão. *Publica-IFRS: Boletim de Pesquisa e Inovação*, v. 1, n. 1, 2023.
- BAILEY, D. P. Sedentary behaviour in the workplace: prevalence, health implications and interventions. **British Medical Bulletin**, v. 137, n. 1, p. 42-50, 2021.
- BARBOSA, M.; SANTOS, G.; BANDINELLI, V.; MORAES, C. Micronutrientes na atividade física: um enfoque nos minerais. *Revista Digital, Buenos Aires*, jun. 2010.
- BICALHO, A. H. **Desenvolvimento e avaliação de um suplemento alimentar de baixo custo para idosos: impacto sobre a desnutrição**. 2019. Tese (Doutorado em Ciências em Saúde) – Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2019.
- BURD, N. A.; BEALS, J. W.; MARTINEZ, I. G.; SALVADOR, A. F.; SKINNER, S. K. Food-first approach to enhance the regulation of post-exercise skeletal muscle protein synthesis and remodeling. *Sports Medicine*, v. 49, n. 1, p. 59-68, 2019.
- BURKE, L. M.; HAWLEY, J. A.; WONG, S. H. S.; JEUKENDRUP, A. E. Carbohydrates for training and competition. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. S1, p. S17–S27, 2011.
- CARLSON, C. G.; RUTTER, J.; BLEDSOE, C.; SINGH, R.; HOFF, H.; BRUEMMER, K.; SESTI, J.; GATTI, F.; BERGE, J.; MCCARTHY, L. A simple protocol for assessing inter-trial and inter-examiner reliability for two noninvasive measures of limb muscle strength. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 186, p. 226-230, 2010.
- CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports**, v. 100, n. 2, p. 126, 1985.
- CARPINELLI, R. N. The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier-is-better recommendation for resistance training. *Journal of Exercise Science & Fitness*, v. 6, n. 2, p. 67-86, 2008.
- CHIAVEGATTO, S.; SUN, J.; NELSON, R. J.; SCHNAAR, R. L. A functional role for complex gangliosides: motor deficits in GM2/GD2 synthase knockout mice. **Experimental Neurology**, v. 166, n. 2, p. 227-234, 2000.
- DEFELICE, S. L. The nutraceutical revolution: its impact on food industry R&D. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, n. 2, p. 59-61, 1995.

DUMITH, S. C.; MACIEL, F. V.; BORCHARDT, J.L.; ALAM, V. S.; SILVEIRA, F.C.; PAULITSCH, R.G. Preditores e condições de saúde associadas à atividade física moderada e vigorosa. **Revista Brasileira Epidemiologia**, v. 22, 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2024) Descubra a fruta. Disponível em: <https://www.embrapa.br/ccweb/jogos/descubra-a-fruta>. Acesso em: 28 jan 2024

FELISBINO-MENDES, M. S.; COUSIN, E.; MALTA, D. C.; MACHADO, Í. E.; RIBEIRO, A. L. P.; DUNCAN, B. B.; VELASQUEZ-MELENDZ, G. The burden of non-communicable diseases attributable to high BMI in Brazil, 1990–2017: findings from the Global Burden of Disease Study. **Population Health Metrics**, v. 18, p. 1-13, 2020.

FLEGAL, K. M.; KALANTAR-ZADEH, K. Overweight, mortality and survival. **Obesity**, v. 21, n. 9, 2013.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2006.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017.

FLETCHER, G. F.; LANDOLFO, C.; NIEBAUER, J.; OZEMEK, C.; ARENA, R.; LAVIE, C. J. Promoting Physical Activity and Exercise: JACC Health Promotion Series. **Journal of the American College of Cardiology**, Elsevier USA, v. 72, p. 1622-1639, 2018.

FREITAS, B. C. B.; CENSON, D.; LEAL, G. F.; SILVA, R. R.; ALMEIDA, A. F.; SANTOS, C. C. A. A.; ABREU-LIMA, T. L.; MORAIS, R. A.; MARTINS, G. A. S. Fruits of the Brazilian Cerrado are a potential alternative for food tourism and regional development. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 27, e2023117, 2024.

FRIEDEWALD, W. T.; LEVY, R. I.; FREDRICKSON, D. S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, v. 18, n. 6, p. 499-502, 1972.

GONÇALVES, A. C.; GASPAR, D.; FLORES-FÉLIX, J. D.; FALCÃO, A.; ALVES, G.; SILVA, L. R. Effects of functional phenolics dietary supplementation on athletes' performance and recovery: A review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 9, p. 4652, 2022.

GU, C. Role of whey protein in post-workout recovery. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 29, e2022, 2023.

HEVIA-LARRAÍN, V.; GUALANO, B.; LONGOBARDI, I.; GIL, S.; FERNANDES, A. L.; COSTA, L. A.; *et al.* High-protein plant-based diet versus a protein-matched omnivorous diet to support resistance training adaptations: a comparison between habitual vegans and omnivores. **Sports Medicine**, v. 51, p. 1317-1330, 2021.

HORNBERGER Jr, T. A.; FARRAR, R. P. Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 29, n. 1, p. 16-31, 2004.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 4, p. 674-688, 2004.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports Medicine**, v. 35, p. 339-361, 2005.

KERKSICK, C. M.; RASMUSSEN, C. J.; LANCASTER, S. L.; MAGU, B.; SMITH, P.; MELTON, C.; GREENWOOD, M.; ALMADA, A. L.; KREIDER, R. B. International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, p. 1-21, 2017.

LEE, I.-M.; SHIROMA, E. J.; LOBELO, F.; PUSKA, P.; BLAIR, S. N.; KATZMARZYK, P. T. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. **The Lancet**, v. 380, n. 9838, p. 219-229, 2012.

LIM, C.; NUNES, E. A.; CURRIER, B. S.; MCLEOD, J. C.; THOMAS, A. C. Q.; PHILLIPS, S. M. An evidence-based narrative review of mechanisms of resistance exercise-induced human skeletal muscle hypertrophy. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 54, n. 9, p. 1546-1559, 2022.

LISBOA, E. M. J.; ALBIERO, L. R.; MELCHIORS, N.; BORGES, W. S. P.; LIMA, V. S.; RODRIGUES, F. D.; SINHORIN, V. D. G.; CASTOLDI, L. Avaliação dos efeitos antitumorais e antioxidantes do jatobá (*Hymenaea courbaril*) em extratos. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 12, 2021.

LOBATO, J. M.; BARROS, F. D. D.; LIMA, D. O. Compostos bioativos na prevenção e no tratamento da obesidade. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 16, n. 104, p. 886-895, 2022.

LOPES, J. R. G.; RIET-CORREA, F.; MEDEIROS, M. A.; DANTAS, F. P. M.; MEDEIROS, R. M. T. Administração de diferentes concentrações de folhas de *Ipomoea asarifolia* na ração de camundongos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 872-877, 2014.

LUKASKI, Henry C. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*, v. 20, n. 7-8, p. 632-644, 2004.

MACHADO, G.; PUTON, B. F.; BERTOL, C. Nutracêuticos: aspectos legais e científicos. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 16, n. E, 2019.

MALIK, V. S.; WILLETT, W. C.; HU, F. B. Global obesity: trends, risk factors and policy implications. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 9, p. 13-27, 2013.

MARCELINO, G.; HIANE, P. A.; POTT, A.; DE OLIVEIRA FILIÚ, W. F.; CAIRES, A. R.; MICHELS, F. S.; *et al.* Characterization of buriti (*Mauritia flexuosa*) pulp oil and the effect of its supplementation in an in vivo experimental model. **Nutrients**, v. 14, n. 12, p. 2547, 2022.

MACNAUGHTON, L. S.; WARDLE, S. L.; WITARD, O. C.; McGLORY, C.; HAMILTON, D. L.; JEROMSON, S.; TIPTON, K. D. The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. **Physiological Reports**, v. 4, n. 15, p. e12893, 2016.

MAUGHAN, R. J.; BURKE, L. M.; DVORAK, J.; LARSON-MEYER, D. E.; PEELING, P.; PHILLIPS, S. M.; RAWSON, E. S.; WALSH, N. P.; GARTHE, I.; GEYER, H.; MEEUSEN, R.; VAN LOON, L. J. C.; SHIRREFFS, S. M.; SPRIET, L. L.; STUART, M.; VERNEC, A.; CURRELL, K.; ALI, V. M.; BUDGETT, R. G. M.; LJUNGQVIST, A.; MOUNTJOY, M.; PITSILADIS, Y. P.; SOLIGARD, T.; ERDENER, U.; ENGBRETSSEN, L. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, p. 439–455, 2018.

MAZZA, S. E. I.; DUMITH, S. C.; KNUTH, A. G. Uso de suplementos alimentares combinado com a prática de atividade física entre universitários do extremo sul do Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 30, n. 1, p. 33-43, 2022.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance**. 8. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2015.

MEDEIROS, C. S.; DE SOUSA NETO, I. V.; SILVA, K. K. S.; CANTUÁRIA, A. P. C.; REZENDE, T. M. B.; FRANCO, O. L.; ALVES ALMEIDA, J. The effects of high-protein diet and resistance training on glucose control and inflammatory profile of visceral adipose tissue in rats. **Nutrients**, v. 13, n. 6, p. 1969, 2021.

MORTON, R. W.; MURPHY, K. T.; MCKELLAR, S. R.; SCHOENFELD, B. J.; HENSELMANS, M.; HELMS, E.; DEVRIES, M. C.; BANFIELD, L.; MOBERLY, B.; DIAS, K. A.; ZHUMBA, M.; QUINN, J. M.; ROBERTS, B. M.; HACKSHAW, A.; PHILLIPS, S. M. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 6, p. 376-384, 2018.

NEVES, R. V. P.; SOUZA, M. K.; PASSOS, C. S.; BACURAU, R. F. P.; SIMOES, H. G.; PRESTES, J.; MORAES, M. R. Resistance training in spontaneously hypertensive rats with severe hypertension. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 106, p. 201-209, 2016.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Diretrizes sobre atividade física e comportamento sedentário**, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>. Acesso em: 25 jul. 2024.

PHILLIPS, S. M.; VAN LOON, L. J. C. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. sup1, p. S29-S38, 2011.

PHILLIPS, S. M. The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. **Nutrition & Metabolism**, v. 13, p. 1-9, 2016.

PINTO, S. S.; SOARES, C. L.; SILVA, R. A.; LIMA, M. F.; ALMEIDA, T. R. Características e potencialidades do buriti. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 3, n. 3, 2024.

PRESTES, J.; FURTADO, J. J.; FIGUEIREDO, T.; DIAS, I.; DONATTO, F.; ALVES, A.; SOUSA, N.; FORMENTIN, F.; PINTO, L. **Prescrição e periodização do treinamento de força em academias**. 2. ed. rev. e atual. Barueri: Manole, 2016.

PURI, V.; NAGPAL, M.; SINGH, I.; SINGH, M.; DHINGRA, G. A.; HUANBUTTA, K.; SANGNIM, T. A comprehensive review on nutraceuticals: therapy support and formulation challenges. **Nutrients**, v. 14, n. 21, p. 4637, 2022.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F. H.; FAHEY JR, G. C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. **The Journal of Nutrition**, v. 123, n. 11, p. 1939-1951, 1993.

RODRIGUES, V.; DE MORAES, D.; DE SOUZA, A.; MENDES, M.; RODRIGUES, A.; SOUTO, A.; MARTINS, L. K.; SANTOS, F.; BATISTA, E. S.; ROCHA, M.; REGINA, L.; CARDOSO, R.; SOBRAL, R.; BATISTA, A. M. Methodological validation of a vertical ladder with low intensity shock stimulus for resistance training in C57BL/6 mice: Effects on muscle mass and strength, body composition, and lactate plasma levels. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 14, n. 3, p. 608-631, 2019.

SCHOENFELD, B.; GRGIC, J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. Resistance training recommendations to maximize muscle hypertrophy in an athletic population: position stand of the IUSCA. **International Journal of Strength and Conditioning**, v. 1, n. 1, 2021.

SCHIAFFINO, S.; REGGIANI, C. Fiber types in mammalian skeletal muscles. *Physiological Reviews*, v. 91, n. 4, p. 1447-1531, 2011.

SHUKITT-HALE, B.; MOUZAKIS, G.; JOSEPH, J. A. Psychomotor and spatial memory performance in aging male Fischer 344 rats. **Experimental Gerontology**, v. 33, n. 6, p. 615-624, 1998.

SILVA, D. L.; SOUSA, H. M. S.; MARTINS, G. A. S.; SILVA, J. F. M.; PELÚZIO, J. M.; LEAL, G. F. Capacidade antioxidante de frutos do Cerrado. **Revista Desafios Suplemento**, 2019.

SILVA, A. A.; GOMES, A. R.; REIS, I. G.; LEAL, P. E. P. T.; LESSA, M. R.; PINTO, N. A. V. D.; RIUL, T. R.; VILLELA, D. C. Suplementação com farinha de jatobá do Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) diminui a inflamação hipotalâmica e melhora os parâmetros de obesidade em ratos com dieta rica em gordura. **Journal of Neuroimmunology**, v. 385, 2023a.

STOPPANI, J. **Enciclopédia de musculação e força de Stoppani**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017.

SWINBURN, B. A.; SACKS, G.; HALL, K. D.; McPHERSON, K.; FINEGOOD, D. T.; MOODIE, M. L.; GORTMAKER, S. L. The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. **Lancet**, v. 378, n. 9793, p. 804-814, 2011.

THOMAS, D. T.; ERDMAN, K. A.; BURKE, L. M. Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 48, n. 3, p. 543-568, 2016.

WARBURTON, D. E. R.; NICOL, C. W.; BREDIN, S. S. D. Health benefits of physical activity: the evidence. **Cmaj**, v. 174, n. 6, p. 801-809, 2006.

VALE, A. F.; FERREIRA, H. H.; BENETTI, E. J.; REBELO, A. C. S.; FIGUEIREDO, A. C. R.; BARBOSA, C. E.; SIMÕES, K. Efeito antioxidante do óleo de pequi (Caryocar brasiliense) no tecido hepático de ratos treinados por exercícios exaustivos de natação. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 79, n. 2, p. 257-262, 2018.

VERREIJEN, A. M.; ENGBERINK, M. F.; MEMELINK, R. G.; VAN DER PLAS, S. E.; VISSER, M.; WEIJS, P. J. Effect of a high protein diet and/or resistance exercise on the preservation of fat free mass during weight loss in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial. **Nutrition Journal**, v. 16, p. 1-8, 2017.

YARASHESKI, K. E.; LEMON, P. W.; GILLOTEAUX, J. Effect of heavy-resistance exercise training on muscle fiber composition in young rats. **Journal of Applied Physiology**, v. 69, n. 2, p. 434-437, 1990.

YIN, L.; LU, L.; LIN, X.; WANG, X. Crucial role of androgen receptor in resistance and endurance trainings-induced muscle hypertrophy through IGF-1/IGF-1R-PI3K/Akt-mTOR pathway. **Nutrition & Metabolism**, v. 17, p. 26, 2020.

6 PRODUTO TÉCNICO-CIENTÍFICO

Artigo 1: Cerrado Plants, Fruits, and Bioactive Compounds: Effects on Muscle, Strength, Physical Exercise, and Metabolism

Artigo 1

Cerrado Plants, Fruits, and Bioactive Compounds: Effects on Muscle, Strength, Physical Exercise, and Metabolism

Michela Abreu Francisco Alves^a: michelaalves@yahoo.com.br <https://orcid.org/0000-0002-5934-4719>;
Vera Lúcia Lacerda Medeiros^b: medeiros.veralu@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-8989-5812>;
Sidnei Tavares dos Reis^a: satcreis@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8917-6704>;
Sergio Henrique Sousa Santos^{a,b}: sergiosousas@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-7788-5447>

^a Institute of Agricultural Sciences, Graduate Program in Food and Health, Federal University of Minas Gerais (UFMG), Montes Claros, Minas Gerais, Brazil.

^b Graduate Program in Health Sciences, State University of Montes Claros (UNIMONTES), Montes Claros, Minas Gerais, Brazil.

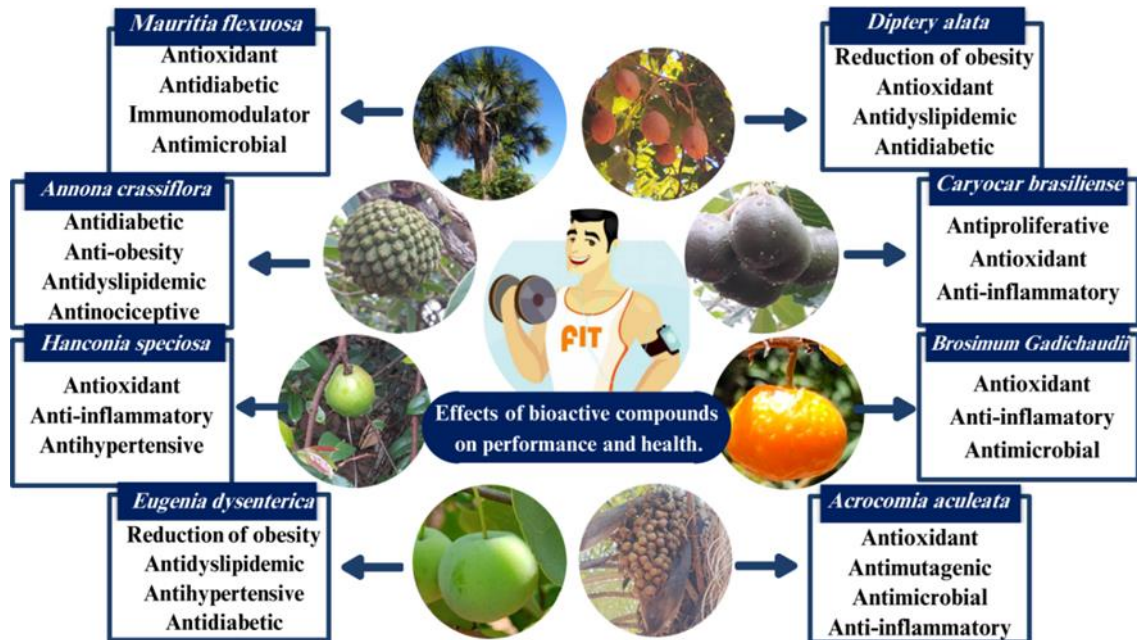
* Correspondence to Sérgio Henrique Sousa Santos, Institute of Agricultural Sciences. Food Engineering College, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Avenue Universitária, 1.000 – Universitário, 39.404-547, Montes Claros, MG, Brazil. E-mail: sergiosousas@hotmail.com.

Abstract

Plants and fruits from the Cerrado biome are recognized as rich sources of bioactive compounds, such as polyphenols, carotenoids, and vitamins, which act as antioxidants, promoting health benefits by reducing oxidative stress. Recent data have demonstrated that these bioactive effects can enhance physical exercise, such as resistance training. The antioxidant potential to prevent metabolic diseases is associated with health improvements widely recognized in the scientific literature, highlighting the potential for the development of new products and nutraceuticals. This review discusses the importance of Cerrado and its bioactive compounds present in plants and fruits, capable of reducing oxidative stress caused by physical exercise, and the potential effects of dietary supplementation on metabolism and muscles. Adequate intake of macronutrients, such as proteins, carbohydrates, and lipids, is essential for physical performance and muscle strength. Compounds from major fruits and plants of the Cerrado, such as *Mauritia flexuosa*, *Annona crassiflora*, *Hancornia speciosa*, *Eugenia dysenterica*, *Acrocomia aculeata*, *Brosimum gaudichaudii*, *Caryocar brasiliense*, and *Dipteryx alata*, are rich in bioactive compounds, including carotenoids, polyphenols, flavonoids, fatty acids, and tocopherols. These compounds exhibit potent anti-inflammatory properties and the ability to reduce reactive oxygen species (ROS). Secondary bioactive compounds from plants are currently recognized as an effective strategy to modulate body performance. Therefore, the review emphasizes the commercial potential of Cerrado derivatives, noting that the development of new food products is crucial for the sustainable application and appreciation of the biodiversity of the Brazilian Cerrado.

Keywords: Resistance exercise; protein; antioxidant; carotenoids.

Graphic Summary



Source: Own image

Effects of Bioactive Compounds on Performance and Health Found in Fruits of the Brazilian Cerrado.

1. Physical Exercise, Muscle, and Supplementation

Regular physical exercise or physical activity at moderate or vigorous intensity brings health benefits (Dumith 2019). Consistent physical exercise improves quality of life by preventing and/or treating non-communicable chronic diseases (NCDs) (Ritt-Dias *et al.* 2021). It is proven that various diseases, such as diabetes, hypertension, cancer, obesity, and depression, are associated with sedentary behavior and inadequate nutrition (Hsu *et al.* 2019). Scientific data emphasize the importance of lifestyle interventions to achieve a healthy life.

Resistance training (RT), also known as strength training or resistance exercise, is categorized as a type of exercise where the body's muscles are recruited to perform movements against a resistance force, usually provided by equipment (Fleck and Kraemer 2006). RT is highly effective for increasing muscle strength and size, promoting numerous health benefits such as improved functional capacity for daily activities, cardiovascular health, and bone health (Westcott 2012). Resistance training produces twice the weight loss effect compared to aerobic activity, with sustained results when balanced with variables such as diets (Mekary *et al.* 2014).

The composition of the diet is well established as a fundamental mechanism that impacts physical exercise and modulates metabolic outcomes. For example, the intake of high-value proteins acts as a source of growth and muscle demand during exertion. The pool of free amino acids and tissue proteins in the body is essential for oxidation and the conversion of glucose through gluconeogenesis (Biesek *et al.* 2010). Gluconeogenesis is the metabolic process in which glucose is synthesized from non-carbohydrate precursors, such as amino acids, lactate, and glycerol, to maintain blood glucose levels during exercise (Martino *et al.* 2023).

The combination of physical exercise with a balanced, protein-rich diet promotes muscle synthesis, enhancing muscle strength gains and muscle fiber growth. To further enhance these gains, dietary supplements are increasingly used to maximize metabolic performance. Creatine synergistically increases the effectiveness of training through antioxidants that act via direct and indirect mechanisms, positively affecting oxidative stress and reducing reactive oxygen species (ROS) during exercise (Arazi *et al.* 2021).

In this context, the consistency of physical exercise greatly benefits from the adoption of healthy eating habits, which are advantageous for the quality of life of athletes or active individuals. The increase in the number of people participating in physical exercise has raised awareness about the importance of nutrition for health and performance improvement (Almeida and Balmant 2017; Santos and Faria 2017).

Whey protein supplementation, derived from milk whey, is considered a high biological value protein due to its rapid digestion, high content of essential amino acids and branched-chain amino acids (BCAAs), notably leucine, and its role in stimulating muscle protein synthesis (Devries and Filipis 2015). Another supplement, glutamine, improves immune system function, skeletal muscle, and carbohydrate metabolism regulation (Rodrigues *et al.* 2021). *Whey protein* supplementation is one of the most widely used supplements among bodybuilding practitioners (Correa *et al.* 2013). However, caution is necessary with protein supplements, as excessive use can pose health risks, such as liver damage (Ferreira *et al.* 2016).

In this context, the food industry has been introducing products derived from Cerrado fruits as alternatives for dietary supplementation. Recent studies highlight the importance of these plants and fruits in new formulations of functional foods, meeting the demand for natural and nutraceutical products (Reis and Schmiele 2019)

2. Bioactive Compounds, Plants, and Fruits of the Cerrado

Recognized as the second largest biome in Brazil and considered the richest savanna in the world in terms of biodiversity, the Cerrado harbors a vast range of plant species, many of which are endemic. The Cerrado contains plants and fruits with high nutritional content and rich in bioactive compounds with antioxidant properties (Santos *et al.* 2021). The value of the biome has been growing through scientific studies on Cerrado derivatives, highlighting newly revealed species rich in various bioactive compounds (Soares *et al.* 2019). Among the main plants and fruits of the Cerrado, they stand out not only for their diversity but also for their medicinal potential. Some of the most prominent species have characteristics with potential effects on muscle and/or physical exercise, as will be introduced below.

The Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) is a palm native to Brazil, resistant to arid climates, characterized by rapid growth and high nutritional value. Its potential uses include the production of oil for cosmetics and food, as well as the use of its leaves in handicrafts. Ecologically, the Buriti provides a habitat for wildlife and aids in soil conservation (Pinto *et al.* 2024). Buriti exhibits antioxidant, antidiabetic, and immunomodulatory actions against *Escherichia coli* bacteria, in addition to antimicrobial properties. These therapeutic effects highlight the importance of Buriti in both traditional and modern medicine, offering significant potential for the development of new pharmaceutical treatments. The ability of Buriti to combat oxidative stress, regulate blood sugar levels, and modulate immune responses against pathogens underscores its value as a promising source of bioactive compounds for the pharmaceutical industry (Oliveira *et al.* 2012; Castro *et al.* 2020; Cruz *et al.* 2020; Oliveira *et al.* 2020). Additionally, the composition of Buriti fruit is rich in carotenoids, fatty acids, polyphenols, and vitamin C (Romero *et al.* 2015; Bensaada 2022). The pulp oil of Buriti fruit is rich in monounsaturated fatty acids, carotenoids, and tocopherols, being used in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries for its antioxidant properties. Buriti oil has high added value and is one of the most utilized parts of the fruit (Barboza *et al.* 2022). This Buriti oil exhibits biological activities, such as antioxidant, antimicrobial, and immunomodulatory, being considered a functional ingredient in the prevention of oxidative stress and chronic diseases, especially gastrointestinal. Buriti oil has shown gastroprotective and anti-ulcer properties in rodents. Studies have shown that Buriti oil reduces ulcerative area and lipid peroxidation, accelerates gastric ulcer healing, and stimulates the formation of new gastric glands, highlighting its potential for gastrointestinal health (Rodrigues *et al.* 2024). Studies have

demonstrated that supplements based on Cerrado fruits showed improvements in anthropometric and biochemical parameters in malnourished and elderly mice. The results suggest that Buriti-based supplementation can reverse malnutrition, promoting significant improvements in metabolic and nutritional profiles (Mendes *et al.* 2024). In another study, using a Buriti-based nutraceutical dairy by-product, a significant reduction in malnutrition was observed in Swiss and elderly mice (Bicalho *et al.* 2022).

Studies on Pequi (*Caryocar Brasiliense*), a fruit native to the Brazilian Cerrado, indicate that it is rich in carotenoids. Research has demonstrated its antioxidant and antimicrobial potential, showing a reduction in DNA (deoxyribonucleic acid) damage and lipid peroxidation *in in vivo* models of lung carcinogenesis. Additionally, Pequi has shown positive effects on breast cancer, including tumor inhibition and a reduction in the side effects of doxorubicin, despite limitations in the absorption of its oil via parenteral administration (Ombredane *et al.* 2022). In a study examining the Pequi fruit, both the pulp and nuts were identified as sources of oleic acid, minerals, polyphenolic compounds, and carotenoids, which are important bioactive properties for health. The effects include an increase in the antioxidant defense system due to the phytochemicals found in the fruit, promoting an increase in the activities and expression of antioxidant enzymes, thus allowing for a reduction in oxidative stress (Torre *et al.* 2018). Therefore, Pequi possesses antioxidant and anti-inflammatory properties (Vilela *et al.* 2011; Torres *et al.* 2016; Roll *et al.* 2018). The bioactive compounds of Pequi protect against anemia and oxidative stress related to aging (Roll *et al.* 2018). The components of Pequi reduce fat deposition in the liver, increase intestinal production, and reduce factors associated with cardiometabolic risks, showing promise in the prevention and treatment of chronic and degenerative diseases (Moreno 2016). The butanolic extract of Pequi bark demonstrated antiproliferative activity in the B16F10 cell line of malignant skin melanoma, resistant to conventional therapies, becoming a research topic for new treatments. The study revealed an increase in cell death and a reduction in migratory activity in treated cells, suggesting the potential of Pequi in combating skin melanoma. Pequi is known to contain components such as gallic acid and sarotrinic acid, identified as the main components (Silva *et al.* 2022). Pequi pulp is also rich in lipids, fibers, zinc, magnesium, calcium, and polyphenols, and the nut has high nutritional value. The oil extracted from the pulp and nut is rich in monounsaturated and saturated fatty acids. Additional research on the carotenoid profile and its effects on humans is recommended (Nascimento-Silva and Naves 2019).

Baru (*Dipteryx alata*) is a fruit native to the Cerrado biome that has demonstrated significant nutritional potential. Research indicates that the bioactive compounds present in

Baru are effective in improving glucose and triglyceride levels, contributing to weight loss (Siqueira *et al.* 2012; Araujo *et al.* 2017). Baru exhibits antioxidant and antiproliferative activities (Alves *et al.* 2020). Chronic renal patients on hemodialysis who consumed Baru showed a significant decrease in high-sensitivity C-reactive protein levels (Schincagli *et al.*, 2020). Rats subjected to physical exercise and Baru intake had lower hepatic triglyceride levels compared to the control group (Ravagnani 2012). Furthermore, the consumption of Baru reduces platelet aggregation, decreases the risk of thrombosis, improves endothelial function, decreases superoxide production, and improves vascular function (Silva *et al.* 2022). Baru nuts are rich in proteins, lipids, fibers, and polyphenols, improving lipid profiles, controlling body mass, and reducing oxidative stress. The husk and pulp, by-products of processing, are sources of fibers and polyphenols, useful for functional and nutraceutical products. The use of these by-products can add value to the fruit and benefit the environment. In vivo studies are needed to investigate the effects of these fractions on cardiometabolic biomarkers and the gut microbiota (Alves *et al.* 2021).

The Jenipapo (*Genipa americana* L.), a fruit found throughout the Brazilian biome, offers numerous health benefits due to its antioxidant effects, which inhibit oxidative processes in the body. This antioxidant action results from the synergy between bioactive compounds present in Jenipapo, such as polyphenols and tocopherols, which protect against diseases caused by free radicals, thus promoting overall health. Rich in total phenolic compounds, Jenipapo also possesses antibiotic activity, helping to prevent health problems caused by microorganisms and their toxins. Furthermore, the fruit exhibits antitumor and antiproliferative activities due to the presence of tarennoside and iridoid glycoside (Dickson 2021). The genipin present in Jenipapo has been associated with reducing the production of reactive oxygen species (ROS), increasing the expression of PPAR- γ , and improving cardiovascular disorders (Hwa *et al.* 2011). Research on Jenipapo has indicated that the fruit's ripening stage affects the type and content of iridoids. An optimized method was used to determine iridoids such as genipinic acid, geniposide, and genipin in the fruit. In vivo assays are needed to confirm the therapeutic potential of Jenipapo, but the fruit extract has already demonstrated potential as an antioxidant and antiproliferative agent (Neri-Numa 2020).

The Jatobá (*Hymenaea courbaril*) is a tree species also native to the Brazilian Cerrado, possessing antioxidant, antitumor, and anti-inflammatory properties, making it a plant of great value in both alternative and conventional medicine. The efficacy of Jatobá in combating diseases highlights its therapeutic potential, particularly in the treatment of tumors and inflammation. The aqueous extract of Jatobá seeds has shown promising effects in reducing the

development of solid Ehrlich tumors. This effect is associated with the reduction of lipid peroxidation and protein carbonylation levels, suggesting a potential involvement of these factors in the tumor response (Lisboa *et al.* 2021). In a study investigating the effects of fresh and extruded Jatobá pulp on lipid metabolism and intestinal fermentation in hamsters, the results indicated improvements in liver lipids and liver weight compared to the control group, along with increased bile acid excretion in the feces. Jatobá pulp proved effective in maintaining normal cholesterol and triglyceride levels, making it useful in preventing chronic diseases (Olivieri 2024). Another study evaluated the impact of Jatobá flour on nutritional, inflammatory, and oxidative stress markers in male *Wistar* rats. In animals treated with a high-fat diet supplemented with Jatobá flour, there was a reduction in energy intake and an increase in adipose tissue, promoting satiety. There was also a decrease in blood levels of glucose, insulin, leptin, and lipids. These anti-obesity effects may be linked to the reduction of inflammation and oxidative stress in both the body and the hypothalamus, suggesting its usefulness in preventing chronic diseases (Silva 2023a).

Corroborating what has been explained, the characterization of bioactive compounds in fruits from the Cerrado is essential to explore alternative sources that can enhance desirable properties, such as antioxidant, antidegenerative, anti-aging, antimicrobial, and anticancer effects (Reis and Schmiele 2019). The most researched Cerrado fruits include Pequi, Buriti, Mangaba, Cagaita, Araticum, Guabiroba, Murici, Mamacadela, Baru, and Bocaiuva (Reis and Schmiele 2019). The search for products containing bioactive, coproducts, and their potential applications in the food industry is increasingly prevalent in research.

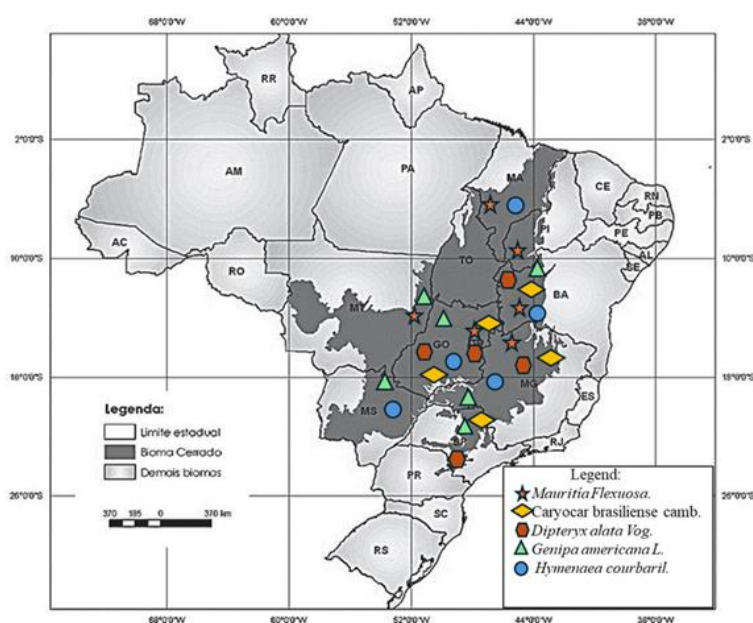


Fig 1: Caption: Predominant presence of Cerrado fruits by region, such as *Mauritia flexuosa*, *Caryocar Brasiliense* Camb., *Dipteryx alata* Vog., *Genipa americana* L., *Hymenaea courbaril*. Adapted from the map source: Rubin de Rubin *et al.*, 2013.

The importance of native fruits can no longer be underestimated, given the international market demand for new fruits with unique functional properties. These fruits also generate income for local Brazilian communities through their by-products, which are essential for local subsistence (Borges *et al.* 2022). Phenolic compounds are the predominant group among the bioactive compounds in Cerrado fruits, including anthocyanins (responsible for the red, purple, and blue colors of fruits). Carotenoids, which range from yellow to red and are fully representative of vitamin A activity, also exhibit antioxidant activity in both polar and non-polar systems (Burns *et al.* 2003; Garzon *et al.* 2012). Vitamin C (ascorbic and dehydroascorbic acids) is considered a potent polar antioxidant, with fruits being its primary source in common diets (Hernandez *et al.* 2006). Tocopherols, or vitamin E, are lipophilic antioxidants that neutralize free radicals and their chain-damaging effects. There is no simple universal method for measuring the antioxidant activities of a bioactive compound due to the multiplicity of free radicals, classes of antioxidants, and polarities (Borges *et al.* 2022).

As previously mentioned, fruits have the potential to be an inexhaustible source of nutritional resources due to their bioactive compounds with antioxidant activities. The phenolic compounds present in fruits work to eliminate free radicals. Phenolic compounds can also be used in processed foods as a natural antioxidant. The fruits analyzed for their bioactive compounds, such as Araçá, Buriti, Cagaita, Murici, Gabiroba, Mangaba, Bacaba, and Guapeva, possess phenolic compounds with high antioxidant content compared to other fruits (Silva *et al.* 2019). Thus, the plants and fruits of the Cerrado region are of interest to the scientific community, as they are considered sources of fiber, proteins, vitamins, calcium, fatty acids, phosphorus, and energy (Siqueira *et al.* 2018).

In addition to the aforementioned Cerrado fruits, other plants from this region also have significant therapeutic potential. For example, Pacari (*Lafoensia pacari*) showed hepatotoxic effects in diet-induced obese mice, despite no significant differences in phytochemical composition being observed. The leaf extract was less aggressive, but treatment with hydroethanolic extract and a high-fat diet resulted in alterations in AST (Aspartate aminotransferase) and ALT (Alanine aminotransferase) levels, albumin, and creatinine, suggesting potential hepatic toxicity. Additional studies are needed to evaluate the oral safety of Pacari, as it may cause liver damage (Ribeiro *et al.* 2021).

Guaraná (*Paullinia cupana Mart*), traditionally consumed by indigenous communities, is valued for its stimulating properties due to the high caffeine content in its seeds. A review study explored the economic aspects, chemical composition, and pharmacological properties of guaraná. In Brazil, production is concentrated in the states of Amazonas and Bahia, with 70% destined for the soft drink and energy drink industries and 30% for the market of capsules, water, and pharmaceutical and cosmetic industries. In addition to caffeine, guaraná possesses therapeutic properties that arouse scientific interest. Future studies should investigate other bioactive components and their pharmacological applications. Indigenous production of guaraná can have a positive economic impact with improvements in the plant (Schimpl *et al.* 2013).

Similarly, Arnica (*Solidago chilensis Meyen*), with its leaves, roots, and flowers, stands out for its medicinal potential due to the presence of flavonoids, phenolic compounds, and terpenoids, which offer anti-inflammatory, analgesic, antimicrobial, and antioxidant properties. In vitro and in vivo studies confirm its benefits for various health conditions. Arnica extracts are promising for industrial use, especially in topical formulations and green chemistry. The vast potential of these plants and their wide geographical distribution are evidenced by numerous literary studies highlighting their benefits (Bicalho *et al.* 2021; Soares *et al.* 2021; Bicalho *et al.* 2022; Silva *et al.* 2022; Marinho *et al.* 2023; Santos *et al.* 2023; Marinho *et al.* 2024). These findings underscore the importance of Cerrado plants as promising sources of bioactive compounds with potential therapeutic applications, highlighting the need for further studies to explore their applications in health and industry.

The use of medicinal plants is a common practice in various cultures, contributing significantly to the development of medical sciences and the advancement of plant-based pharmaceutical forms. This practice, one of the oldest therapeutic modalities, still holds a vast unknown therapeutic potential, highlighting the importance of continuous investment in bioprospecting research for the discovery of new molecules with curative effects. Additionally, conducting studies to validate the medicinal use of plants is essential to confirm the efficacy and safety of these resources as therapeutic agents, ensuring the appreciation of traditional knowledge (Rocha *et al.* 2021). However, many studies on Cerrado plants and fruits are developing and addressing different aspects, including potential health benefits and their antioxidant and anti-inflammatory activities, which could theoretically influence muscle recovery and sports performance.

3. Use of Supplements, Strength Gain, and Muscle Mass

The International Society of Sports Nutrition (ISSN) recommends that individuals who exercise consume between 1.4 and 2.0 grams of protein per kilogram (kg) of body weight per day to optimize training adaptations. It is important to note that this recommendation aligns with the Acceptable Macronutrient Distribution Range (AMDR) of the Institute of Medicine, which is 10–35% for protein. The ideal amount depends on the type and intensity of exercise, the quality of the protein, and the individual's energy status. Higher protein intakes ($3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) may improve body composition. Protein supplements are safe and effective, especially when consumed during or after exercise and before sleep, to promote recovery and lean mass gain (Jäger 2017).

In studies using a high-protein diet, equivalent to 0.8 kg per day, an increase in basal metabolic rate was observed compared to normal protein diets, along with less lean mass loss and greater fat loss over 12 weeks. Additional research is needed to assess the benefits of dose responses that can be achieved with smaller modifications in the protein content of the diet. This includes factors such as the absolute dose of protein per meal, the number of meals, and the type of protein consumed, which can affect the anabolic response and, consequently, the lean body mass (LBM). This systematic review and meta-analysis indicate that isocalorically prescribed high-protein (HP) diets offer modest benefits in reducing weight, fat mass (FM), and triglycerides while mitigating the loss of LBM and basal metabolic rate (BMR) (Wycherley *et al.* 2012; Peccin, 2020).

In another study examining the use of protein in doses of $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ per day, it was suggested that treating rats with resistance training and Whey Protein for 12 weeks did not result in impaired kidney function (Vieira *et al.* 2021). A study analyzing protein consumption within and above the recommended range concluded that the sample was characterized by high-protein diets, with most individuals consuming protein above the recommended value. Even protein consumption within the recommended ranges proved effective for muscle mass gain, with intake within and above the recommended levels resulting in greater increases. The analysis of calorie and macronutrient intake revealed consumption below the recommended values for calories and carbohydrates but above the recommended levels for lipids. The results indicate a significant increase in current lean mass compared to baseline, especially with protein intake within or above the recommended levels (Menon and Santos 2012).

In the study that compared pea protein, whey protein, and placebo in conjunction with resistance training, it was demonstrated that protein supplementation can enhance the adaptations induced by resistance training (Babault *et al.* 2015). Regarding protein catabolism during exercise, maintaining optimal levels of muscle and liver glycogen is crucial after the depletion of carbohydrate stores to minimize performance deterioration (McArdle *et al.* 2021). After exercise, it is essential to consume protein to reverse catabolism and promote anabolism, facilitating protein synthesis and muscle recovery (Phillips 2014). Although proteins can provide energy during exercise, their primary role is in muscle recovery and growth, which is essential for maintaining and optimizing physical performance in the long term (Jäger *et al.* 2017). The combined intake of protein and carbohydrates after exercise also helps reduce muscle damage caused by physical activity and decreases markers of muscle damage, such as creatine kinase, promoting faster and more effective recovery (McLellan *et al.* 2014).

A systematic review of 18 articles on elite soccer players supplemented with caffeine (3-6 mg·kg⁻¹) demonstrated improvements in jumping and sprinting, especially among women. Creatine supplementation was found to be effective in enhancing agility and jump performance. Protein intake can benefit sprints and jumps between matches if dietary food intake does not meet recommendations. Carbohydrate and electrolyte drinks are beneficial during training and games but not in isolation. Cherry juice and beetroot juice rich in nitrates may aid in post-game recovery (Abreu 2023).

Carbohydrates are an immediate source of energy found in all living cells and most foods, except lactose and small amounts of glycogen. Plants are essential sources of carbohydrates in the human diet, and their regular consumption helps preserve tissue proteins (McArdle *et al.* 2016). This nutritional substance is crucial for both aerobic and anaerobic metabolism, serving as an essential substrate for energy production during physical activities. The amount of energy provided by ATP generation pathways during exercise is predominantly determined by the intensity and duration of physical activity. In addition to these aspects, exercise metabolism is also influenced by other factors, such as training level, prior nutrition, sex, age, and environmental conditions (Hargreaves and Lawrence 2020). Carbohydrates have a well-defined importance concerning physical exercise and fatigue; the intake of this nutrient before, during, and after exercise is crucial for performance, demonstrating the effectiveness of a mixture of glucose, fructose, and sucrose in maintaining performance and thus preserving muscle glycogen stores (Souza and Navarro, 2010).

Lipids, also known as fats, are organic elements found in foods; compared to carbohydrates and proteins, they contain less oxygen, which gives them a greater capacity to

provide energy. They also play a crucial role as carriers of fat-soluble vitamins, such as vitamins A, D, E, and K, and are indispensable sources of essential fatty acids. The recommended daily intake of lipids is 25 to 30% of the total caloric value (Seyffarth, 2009).

After discussing macronutrients, there are also micronutrients, such as supplements. Minerals like iron, zinc, selenium, and vitamins A, C, D, and E strengthen the immune system, contributing to a better innate and adaptive immune response (Reis and Macagnan, 2020). Vitamin A supports the structural integrity and function of skin and respiratory tract cells. Vitamin C acts as an important antioxidant. Iron is essential for cell differentiation and growth. Zinc, an antioxidant, plays a central role in the differentiation of rapidly renewing immune cells. Selenium helps regulate the immune system (Maggini *et al.* 2018). Studies have observed that micronutrient intake may suggest that superior performance during physical exercise requires a diet rich in vegetables, legumes, and fruits, which are essential sources of micronutrients (Berta *et al.* 2022). Antioxidant potential assessment tests can help select foods naturally rich in antioxidants, such as ascorbic acid, vitamin E, carotenoids, and polyphenols, contributing to food preservation and the reduction of reactive oxygen species (ROS) in the body. In recent years, antioxidants derived from natural plant sources and their products have gained prominence, mainly due to restrictions on the use of synthetic antioxidants, such as BHA (butylated hydroxyanisole), BHT (butylated hydroxytoluene), and TBHQ (tert-butylhydroquinone) in foods, due to their potentially carcinogenic properties. The search for safer and more effective alternatives among natural antioxidants and a universal method for their determination is ongoing (Gupta 2015).

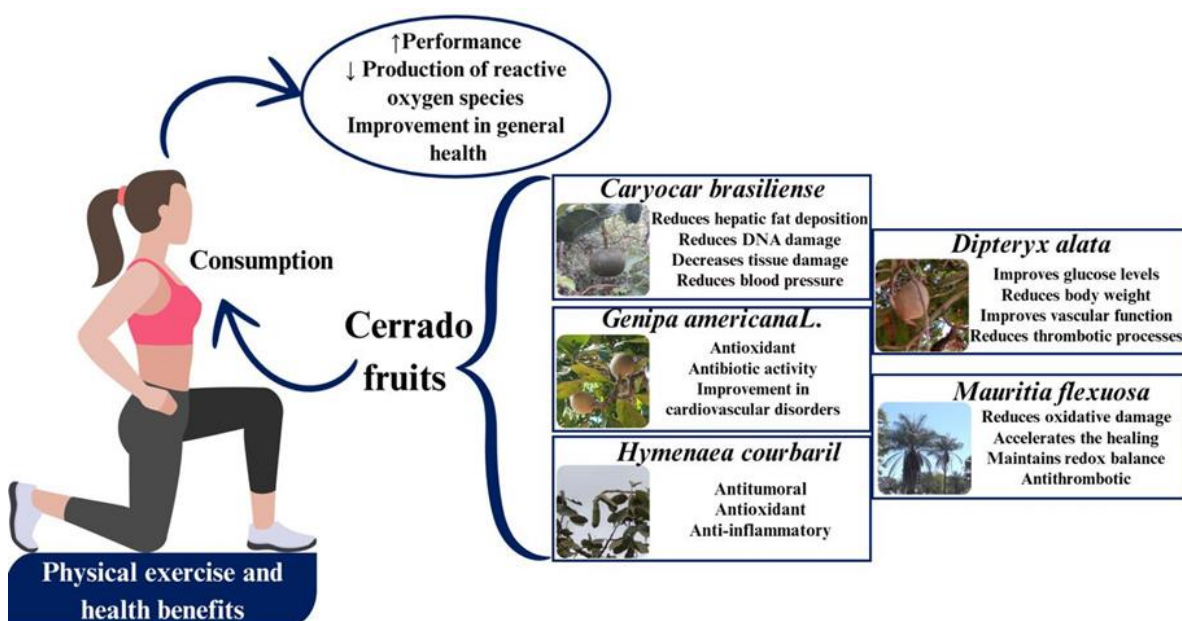
Thus, a balanced diet should include an adequate intake of both macronutrients and micronutrients to meet the energy demands during physical exercise, aiming to contribute to achieving satisfactory results for those engaged in physical activity (Ribas *et al.* 2015).

4. Plants, Fruits, and Bioactive Compounds of the Cerrado: Effects on Physical Exercise and Muscle Function

The Brazilian tropical climate favors the cultivation of a wide variety of fruits, which play an essential role in a healthy diet. In addition to being delicious and naturally sweet, fruits are rich in water, fiber, vitamins, minerals, fructose, carbohydrates, fats, and proteins (EMBRAPA, 2024). On the other hand, plants are also beneficial to health through the application of their leaves, roots, bark, and seeds.

As previously described, several studies have indicated that fruits from the Cerrado exhibit high levels of phenolic compounds, which have significant antioxidant capacity. These compounds may be correlated with a protective effect against diseases associated with metabolic syndrome, acting as inhibitors in various lipid metabolism processes and glucose transport. The potential increase in the consumption of native Cerrado species, rich in bioactive compounds, seems to be a promising strategy for improving the metabolic profile, also contributing to the conservation and preservation of this biome (Santos *et al.* 2021).

There is growing evidence that both acute and chronic supplementation with fruit-derived polyphenols can improve exercise performance, with the most likely mechanisms related to antioxidant and vascular effects. Achieving ergogenic effects may involve strategies related to the optimal dosage of supplements, polyphenol blends to support muscle recovery, as well as determining specific exercise modes, intensity, and duration (Figure 2) (Bowtell and Kelly, 2019). Ergogenic resources are mechanisms, methods, substances, or techniques that have the potential to improve the performance and endurance of physical activity practitioners, promoting physiological and biochemical improvements (Oliveira *et al.* 2017). Therefore, there is a significant need for future studies to comprehensively measure intramuscular processes and plasma polyphenol concentrations to identify specific bioactive compounds and mechanisms.



Source: Own image

Fig 2 Caption: Cerrado fruits improve health and physical performance through their bioactive compounds. They enhance cardiovascular health, regulate glucose levels, and promote post-exercise muscle recovery by reducing

inflammation. The fatty acids present help manage cholesterol and strengthen the immune system, contributing to efficient metabolism.

In the context of oxidative stress resulting from physical exercise, some repercussions continue to provoke controversy. Theoretically, the production of Reactive Oxygen Species (ROS) during exercise can have two specific aspects: beneficial and harmful. A moderate level of ROS production during exercise can promote positive physiological adaptations in active skeletal muscles, such as mitochondrial biogenesis, the synthesis of antioxidant enzymes, and stress-related proteins. However, high levels of ROS production can result in damage to macromolecular structures such as proteins, lipids, and DNA (deoxyribonucleic acid) (Power *et al.* 2020).

In a clinical study involving volunteers of both sexes and various age groups, selected based on a minimum running performance of 4,000 meters under identical conditions for all, participants were supplemented for 14 days with 400 mg of Pequi oil in capsule form. This intervention resulted in a significant increase in C-reactive protein (CRP) levels for the MTHFR1298AC genotype. The results of the leukogram analyses, platelet counts, and lipid profiles indicated the protective effects of Pequi oil. In addition to reducing exercise-induced DNA damage, it has a hypotensive effect, reduces tissue damage, decreases anisocytosis, and lowers blood pressure. This study explored the interaction between diet and the human genome, highlighting how genetic variability can influence dietary responses and, consequently, health and disease (Vilela *et al.* 2011).

A similar study examined the effect of Pequi oil supplementation in 20 adult male *Wistar* rats, involving the oral administration of 400 mg of Pequi oil. The animals were divided into groups that performed physical exercise (swimming) with and without supplementation. The analysis of the results revealed that Pequi oil supplementation had a protective effect on liver tissue against damage caused by ROS generated during physical exercise. This protective effect was observed when comparing the groups that exercised with and without supplementation (Vale *et al.* 2018).

Other researchers investigated the effects of a high-calorie and high-fat diet supplemented with Baru extract and chocolate, combined with physical exercise, in *Wistar* rats (*Rattus norvegicus*). The study evaluated adipocyte size and triglyceride (TG) levels. High-calorie diets resulted in weight gain and an increased area of retroperitoneal adipose tissue cells compared to the control diet. Physical exercise reduced the area of omental and inguinal adipose tissue cells in the groups that received chocolate and in the control group. Sedentary animals

exhibited higher TG levels compared to those who exercised and were fed high-calorie diets. Light to moderate-intensity physical training significantly reduced omental (visceral) and inguinal adipose deposits in animals fed a control and chocolate diet, but this effect was not observed with the Baru extract diet. Exercised animals exhibited lower TG content even when maintained on hyperlipidemic/caloric diets with chocolate or Baru extract, and rats subjected to physical exercise and Baru intake had lower hepatic triglyceride levels compared to the control group (Ravagnani *et al.* 2012). The consumption of Baru almonds had beneficial effects on the lipid profile and oxidative function in mice supplemented with this fruit, as well as promoting a reduction in body adiposity. Significant reductions in plasma glucose concentration and triglyceride levels were also observed (Araújo *et al.* 2017).

Another clinical study evaluated the effects of Jatobá (*Hymenaea courbaril L.*) extract compared to creatine monohydrate (CrM) on the physical performance of young adults in strength and explosive exercises. Jatobá, rich in antioxidant phenolic compounds, was shown to be effective in increasing the number of repetitions in exercises and speed in the 50-meter run compared to the initial state. Comparing Jatobá with CrM, significant differences were observed in push-ups and the 50-meter run. The use of Jatobá indicated potential liver protection, evidenced by the reduction of the biochemical marker Gamma-Glutamyl Transferase (GGT). Both supplements improved physical performance, but Jatobá stood out as a promising natural ergogenic resource, thanks to its antioxidant properties that may mitigate muscle fatigue by delaying the formation of reactive oxygen species (Silva *et al.*, 2023a).

Another study investigated the effects of chronic supplementation with Jatobá extract in professional soccer players, focusing on C-reactive protein (CRP) levels as an indicator of inflammatory response to physical exercise. Jatobá, known for its antioxidant and anti-inflammatory properties, was administered to an experimental group, while a control group received maltodextrin. The research, conducted over eight weeks, included blood samples collected at three moments: before, immediately after, and 24 hours after a soccer match. The results indicated that the group consuming Jatobá extract had reduced CRP levels, especially before and 24 hours after exercise, compared to the control group. This suggests the potential of Jatobá extract in moderating exercise-induced inflammatory stress, which may be beneficial in the context of sports training (Silva *et al.* 2023b).

A study aimed to chemically characterize a polysaccharide-rich extract (PRE) obtained from the leaves of *Genipapo americana* and evaluate its neuroprotective effect. The PRE was extracted and characterized by infrared spectroscopy (FTIR) and nuclear magnetic resonance (NMR). Swiss mice were treated with PRE and subjected to behavioral tests (open field,

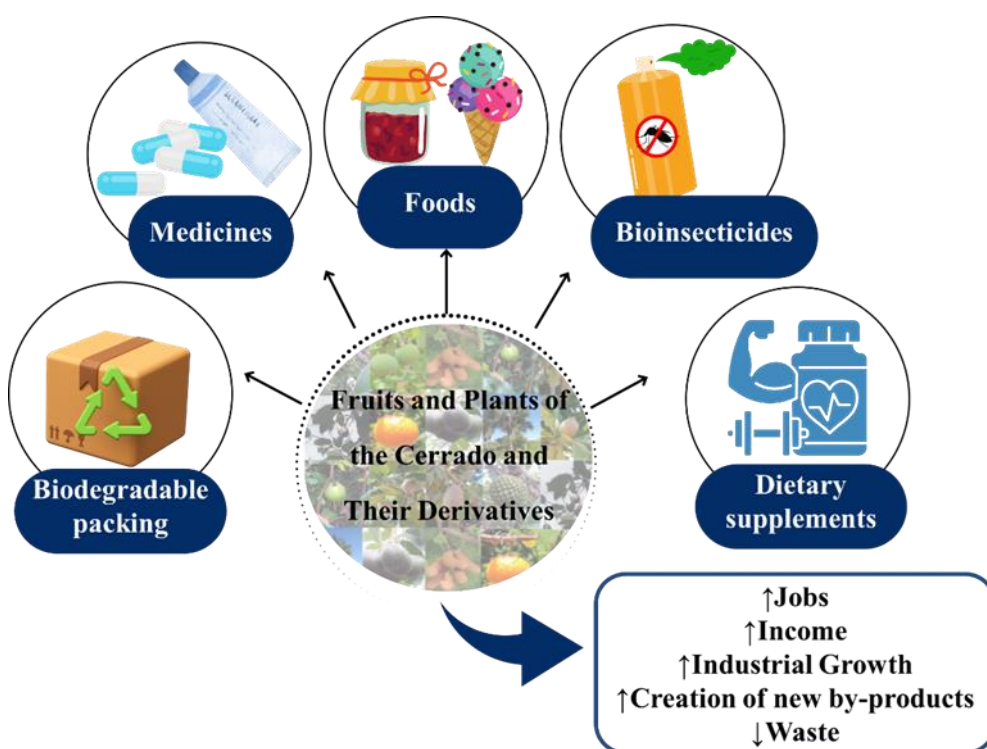
elevated plus maze, sleep time, tail suspension, forced swimming, pentylenetetrazol-PTZ induced seizures) to evaluate their response to pentylenetetrazol (PTZ) induced seizures. The results indicated that the PRE possesses antioxidant and anticonvulsant properties, increasing the latency for seizures and death by more than 60%. These effects were reversed by flumazenil, suggesting mediation via the gamma-aminobutyric acid (GABA) pathway. The absence of toxicity observed in the PRE highlights its therapeutic potential in the treatment of seizures (Nonato *et al.* 2018).

A study with an herbal extract from the seeds of *Paullinia cupana* Mart., the seed of Guaraná, evaluated the effects compared to caffeine on the behavior of mice subjected to forced swimming and open field tests. Guaraná, at doses of 25 and 50 mg·kg⁻¹ (oral administration), and caffeine, at doses of 10 and 20 mg·kg⁻¹ (oral administration), significantly reduced the duration of immobility in the forced swimming test, indicating an antidepressant-like effect in mice. At these doses, neither substance altered locomotion in the open field test. However, a higher dose of Guaraná (100 mg·kg⁻¹) and caffeine (30 mg·kg⁻¹) significantly increased locomotor activity in the open field test. Caffeine, but not Guaraná, was able to block the CPA-induced increase in immobility, an adenosine agonist, during the swimming test. This suggests that the antidepressant-like effect of Guaraná involves mechanisms different from the adenosinergic pathways, highlighting its potential utility as an antidepressant agent through alternative pathways to caffeine (Campos *et al.* 2005). Additionally, Guaraná has been associated with health promotion through its antioxidant and anti-inflammatory activity and by activating adipose tissue via AMPK (AMP-activated protein kinase), improving lean mass. There are isolated studies in the academic scientific literature; however, those linking physical exercise and supplementation with Cerrado fruits are rare.

5. New Products and Commercial Potential

Currently, Brazil is the third-largest fruit producer in the world, with an average annual production of 45 million tons. The Brazilian Cerrado represents an invaluable natural resource, highlighting the importance of the careful consumption of these native species (Stafussa *et al.* 2021). Brazil hosts the world's greatest biodiversity, with a significant number of plant species still unknown (Oliveira and Brandão, 2012). The Cerrado, one of the ecosystems with rich biodiversity and unique taxonomic groups, thrives uniquely in this region, serving as a source of income and a way of life for millions of people, providing food for both rural and urban areas

(Diniz, 2014). There has been a significant increase in studies involving plants and fruits in recent years, as well as the emergence of new food products derived from them. The development of cosmetics, foods, and pharmaceuticals from these bioactive compounds depends on the enhancement of extraction and processing methods, ensuring the sustainability and preservation of natural biomes essential to the balance of ecosystems (Andrade *et al.* 2024). However, information related to the chemical characteristics and nutritional value of Brazilian fruits still requires further exploration (Schiassi *et al.* 2018).



Source: Own image

Fig 3 Caption: The importance of the Cerrado, highlighting its unique biodiversity and the economic and medicinal potential of its plants and fruits. The natural resources of the Cerrado can be sustainably explored, from the medicinal use of plants to the production of packaging and functional foods. There is also a focus on organic agriculture and the central role of biodiversity in food security and Brazil's sustainable economy.

Food production in agroecological systems is based on the adoption of practices that promote the healthy and conscious use of natural resources. Organic agriculture in Brazil is experiencing significant growth. Several benefits of agroecological production increase biodiversity in agroecosystems and strengthen family farming, food security, and nutritional outcomes for consumers. However, several challenges have also been identified, such as the

lack of guidance and planning, a shortage of skilled labor, limitations in scientific research, marketing strategies to promote organic foods, difficulties in accessing credit, and high certification costs (Gonçalves *et al.* 2020).

The use of non-edible parts of Cerrado fruits for the production of bioactive, edible, and/or biodegradable compounds for packaging has been employed in recent years. The residues from these fruits are transformed into raw materials for packaging, playing a crucial role in reducing the environmental impacts associated with synthetic polymers. Additionally, they help prevent food degradation due to the presence of bioactive compounds in both fresh fruits and their processing residues (Figure 3). The integration of these natural resources into the packaging supply chain not only increases regional biodiversity but also advances towards a more sustainable and resilient economy (Romani *et al.* 2021).

In a sensory evaluation using the processing of mixed candies incorporating fruit pulps as an alternative to reduce the addition of colorants, it was demonstrated that the inclusion of fruits in candy production improved sensory appeal and was accepted by younger consumers (Vergara *et al.* 2020). There are promising prospects for the use of Cerrado fruits in the Brazilian agro-industrial context. The processing and application of these fruits not only add commercial and nutritional value but also enhance their unique aroma, flavor, and color characteristics while addressing challenges related to their fragility and perishability (Reis *et al.* 2019).

Research and advancements in the encapsulation of bioactive compounds for food and agricultural applications have been highlighted, particularly the techniques of microencapsulation and nanoencapsulation of polyphenols, carotenoids, fatty acids, phytosterols, probiotics, vitamins, minerals, and bioactive peptides in the food industry (Zabot *et al.* 2022). Encapsulation shows promise in expanding the use of bioactive compounds in the food and agricultural industries. Another growing segment is the encapsulation of plant extracts. The microencapsulation of a bioinsecticide based on neem seed extract (*Azadirachta A. Juss*) demonstrated promising efficacy, suitable for studies on industrial-scale production (Xavier *et al.* 2019).

6. Perspective and Conclusion

Plants and fruits from the Cerrado biome are increasingly recognized for their nutritional properties and commercial potential. Various companies have utilized these natural resources to produce new products in both the food industry and the health sector. The

extraction and encapsulation of essential oils and bioactive compounds from these fruits represent significant trends that can enhance their use and preservation. These strategies not only strengthen the utilization of Cerrado resources but also have the potential to boost the local economy by generating jobs and income, promoting industrial growth, reducing waste, and fostering the creation of new by-products. Investing in the sustainable exploration of Cerrado fruits and associated technologies not only values a precious natural heritage but also paves the way for the economic and social development of the communities involved.

The considerable potential of Cerrado fruits and plants in preventing chronic degenerative diseases and premature aging has been demonstrated by several studies, directly benefiting areas such as medicine, the pharmaceutical industry, the food industries, and academia, which are directly related to the practice of physical exercises and dietary supplements.

This review addressed the intersection between physical exercise, dietary supplementation, and the potential of Cerrado fruits and plants, emphasizing their influence on muscle strength, metabolism, and overall health. There is a growing concern for health and a demand for natural and functional products, in which Cerrado fruits and plants emerge as a rich source of bioactive compounds with antioxidant and nutritional properties.

It is widely recognized that regular physical exercise, particularly resistance training, is essential for promoting health, performance, and well-being, contributing to increased muscle strength, improved metabolism, and the prevention of non-communicable chronic diseases. Nutritional supplementation, especially with proteins and amino acids, plays a fundamental role in physical activity, aiding in muscle recovery and lean mass gain.

Regarding the fruits and plants of the Cerrado, they have proven to be a valuable source of bioactive compounds, such as polyphenols, carotenoids, vitamins, and minerals, which offer health benefits, including antioxidant, anti-inflammatory, and protective properties against chronic diseases. The potential of these fruits has also been highlighted, with possibilities for the development of new food products and packaging with functional and sustainable properties.

In summary, this approach emphasizes that the interaction between physical exercise, dietary supplementation, and the consumption of Cerrado fruits and plants can provide significant health and performance benefits, as well as open doors for business opportunities and sustainable development. Investing in the sustainable exploration of these natural resources not only enhances Brazil's environmental heritage but also contributes to the economic and social progress of the communities involved.

ACKNOWLEDGMENTS:

This work was partially funded by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), and the Research Support Foundation of the State of Minas Gerais (FAPEMIG)

CONFLICT OF INTEREST:

There are no conflicts of interest to disclose by any of the authors.

REFERÊNCIAS

- Abreu R, Oliveira CB, Costa JA, Brito J, Teixeira VH (2023) Effects of dietary supplements on athletic performance in elite soccer players: A systematic review. *J Int Soc Sports Nutr* 20(1) <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2236060>
- Almeida MC, Balmant DB (2017) Avaliação do hábito alimentar pré e pós-treino e uso de suplementos pelos praticantes de musculação de uma academia no interior do Estado de São Paulo. *Rev Bras Nutr Esportiva* 62:104-117
- Alves SCO, Pereira RS, Pereira AB, Ferreira A, Mechaa E, Silva AB, Serra AT, Bronze MR (2020) Identificação de compostos funcionais em baru (*Dipteryx alata* Vog.) nozes: Valor nutricional, composição volátil e fenólica, atividade antioxidante e efeito antiproliferativo. *Pesq Alim Internac* 131 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109026>
- Alves-Santos AM, Fernandes DC, Naves MMV (2021) Baru (*Dipteryx alata* Vog.) fruit as an option of nut and pulp with advantageous nutritional and functional properties: A comprehensive review. *NFS J* 24:26-36 <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.07.001>
- Andrade LM, de Vasconcelos RA, Santos AO, Nascimento AL, Bispo NF, Pereira SR, de Carvalho Mesquita BMA (2024) Flavonoids and carotenoids from Brazilian flora: food and pharmaceutical applications and their extraction features. *Phytochem Rev* 1-21 <https://doi.org/10.1007/s11101-024-09998-w>
- Arazi H, Eghbali E, Suzuki K (2021) Suplementação de creatina, exercício físico e marcadores de estresse oxidativo: Uma revisão dos mecanismos e eficácia. *Nutrientes* 13(3):869 <https://doi.org/10.3390/nu13030869>
- Araújo ACF, Rocha JC, Paraíso AF, Ferreira AVM, Santos SHS, Pinho de L (2017) Consumo de castanha de baru (*Dipteryx alata*) no tratamento de camundongos obesos. *Ciênc Rural* 2 <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151337>
- Babault N, Paizis C, Deley G, Guérin-Deremau L, Saniez MH, Lefranc-Millot C (2015) Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance

- training: A double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trial vs. whey protein. *J Int Soc Sports Nutr* 12(1):3 <https://doi.org/10.1186/s12970-014-0064-5>
- Barboza NL, dos Anjos Cruz JM, Corrêa RF, Lamarão CV, Lima AR, Inada NM, Campelo PH (2022) Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.): An Amazonian fruit with potential health benefits. *Food Res Int* 159 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111654>
- Bensaada H, Soto-Garcia MF, Carmona-Hernandez JC (2022) Antioxidant activity of polyphenols from *Mauritia flexuosa* (Aguaje), based on controlled dehydration. *Molecules* 27:3065 <https://doi.org/10.3390/molecules27103065>
- Berta MC, Fulindi RB, Costa T (2022) Avaliação da ingestão de micronutrientes pelos praticantes de treinamento anaeróbio. *Rev Interciência - IMES* 1(10):17-25
- Bicalho AH, Santos FR, Moreira DC, Oliveira LP, Machado AS, Farias L, De Paula AMB, Guimarães ALS, Santos SHS (2021) Danos hepáticos produzidos pela desnutrição são melhorados pela suplementação alimentar em camundongos: Avaliação de um suplemento à base de buriti e subprodutos lácteos. *Recent Pat Food Nutr Agric* 12(1):29-35
- Bicalho AH, Santos FR, Moreira DC, Guimarães VHD, Ribeiro GH, De Paula AMB, Guimarães ALS, Pereira UA, Costa T, Paiva CL, Baldo MP, Santos SHS (2022) Development and evaluation of a low-cost dairy food supplement with *Mauritia flexuosa* (Buriti) to combat malnutrition: Translational study in mice and institutionalized elderly women. *Curr Aging Sci* 15:37-48
- Biesek S, Alves LA, Guerra I (Orgs) (2010) Estratégias de nutrição e suplementação no esporte (2ª ed. rev. e ampl.). Manole, Barueri
- Borges PRS, Edelenbos M, Larsen E, Hernandez T, Nunes EE, Boas EVBV, Pires CRF (2022) Constituintes bioativos e atividades antioxidantes de dez frutas selecionadas do Cerrado brasileiro. *Quím Alim X* 14 <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100268>
- Bowtell J, Kelly V (2019) Suplementação de polifenóis derivados de frutas para recuperação e desempenho de atletas. *Med Esportiva* 49(Supl 1) –S23 <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0998-x>
- Burns J, Fraser PD, Bramley PM (2003) Identification and quantification of carotenoids, tocopherols, and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. *Phytochemistry* 62:939-947: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00710-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00710-0)
- Campos AR, Barros AIS, Albuquerque FAA, Leal LKAM, Rao VSN (2005) Acute effects of guarana (*Paullinia cupana* Mart.) on mouse behaviour in forced swimming and open field tests. *Phytother Res* 19(5):441-443 <https://doi.org/110-010.1002/ptr.1471>
- Castro GMMA, Passos TS, Nascimento SSC, Medeiros I, Araújo NK, Maciel BLL, Padilha CE, Ramalho AMZ, Sousa Júnior FC, Assis CF (2020) Nanopartículas de gelatina permitem dispersibilidade em água e potencializam atividade antimicrobiana do Buriti (*Maurícia flexuosa*) óleo. *BMC Biotecnologia* 55

- Correa A, Frollini CH, Nunes GA (2013) Efeitos metabólicos na suplementação de whey protein na musculação. EFDeportes.com, Revista Digital 17(176). Disponível em: <http://www.efdeportes.com/>. Acesso em: 21 mar 2024
- Cruz MB, Oliveira WS, Araújo RL, França ACH, Pertuzatti PB (2020) Óleo de polpa de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) como imunomodulador contra *Escherichia coli* enteropatogênica. Cult Prod Industr 149 <https://doi.org/10.1186/s12896-020-00649-4>
- DeVries MC, Phillips SM (2015) Suplemento de proteína no apoio à massa muscular e à saúde: Vantagem do whey. Rev Ciênc Alim 1 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12802>
- Dickson LVR (2021) Jenipapo (*Genipa americana* L.): Uma revisão narrativa. In: Ciência e Tecnologia de Alimentos: Pesquisa e práticas contemporâneas, vol. 2, Guarujá, Editora Científica Digital LTDA, pp 537-553
- Diniz J, Ávila M, Nogueira M (2014) Dossiê: Inovações para a valorização de produtos da agricultura familiar e do agroextrativismo no contexto do Cerrado. Sustentabilidade em Debate 5(3):16-18
- Dumith SC, Maciel FV, Borchardt JL, Alam VS, Silveira FC, Paulitch RG (2019) Preditores e condições de saúde associados à atividade física moderada e vigorosa. Rev Bras Epidemiol 22 <https://doi.org/10.1590/1980-549720190023>
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2024) Descubra a fruta. Disponível em: <https://www.embrapa.br/ccweb/jogos/descubra-a-fruta>. Acesso em: 28 jan 2024
- Ferreira AB, Lima VA, Souza WC, Mascarenhas LPG, Leite N (2016) Quais os suplementos alimentares mais utilizados? Cinergis 17(1):85-90 <https://dx.doi.org/10.17058/cinergis.v17i1.6909>
- Fleck SJ, Kraemer WJ (2006) Fundamentos do treinamento de força muscular. Artmed, Porto Alegre
- Garzón GA, Narváez-Cuenca CE, Kopec RE, Barry AM, Riedl KM, Schwartz SJ (2012) Determinação de carotenoides, conteúdo fenólico total e atividade antioxidante de Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), uma fruta amazônica. Rev Quím Agríc Alim 60(18):4709-4717 <https://dx.doi.org/10.1021/jf205347f>
- Gonçalves LM, Viganó C, Grigolo CR, Monteiro PHS, Vargas TO, Godoya WI (2020) Agroecologia: Perspectivas e desafios para uma agricultura familiar. Ensaios Ciênc 5:496-503 etivas e Desafios para a Agricultura Familiar Agroecology: Prospects and Challenges for Family Agriculture DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6938>
- Gupta D (2015) Métodos para determinação da capacidade antioxidante: Uma revisão. Rev Internac Ciênc Pesq Farmacêutica 2:546 [http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.6\(2\).546-66](http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.6(2).546-66)

- Hargreaves M, Lawrence L (2020) Spriet. Metabolismo energético do músculo esquelético durante o exercício. *Nat Metab* 2:817-828 <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>
- Hsu KJ, Liao CD, Tsai MW, Chen CN (2019) Effects of exercise and nutritional intervention on body composition, metabolic health, and physical performance in adults with sarcopenic obesity: A meta-analysis. *Nutrients* 11(9):2163 <https://doi.org/10.3390/nu11092163>
- Hwa JJ, Mun L, Kim HJ, Seo HG, Lee JH, Kwak JH, Lee D-U, Chang KC (2011) Genipin selectively inhibits TNF- α -activated VCAM-1 but not ICAM-1 expression by upregulation of PPAR- γ in human endothelial cells. *Korean J Physiol Pharmacol* 15:157-162 <https://doi.org/10.4196/kjpp.2011.15.3.157>
- Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, Arent SM (2017) Posição da Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva: proteína e exercício. *Rev Soc Int Nutr Esportiva* 14(1):20 <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Lisboa EMJ, Albiero LR, Melchior N, Borges WSP, Lima VS, Rodrigues FD, Senhorin VDG, Castoldi L (2021) Avaliação dos efeitos antitumorais e antioxidantes do jatobá (Hymne extratos de courbaril). *Rev Bras Desenvol* 12 <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-386>
- Maggini S, Pierre A, Calder PC (2018) A função imunológica e as necessidades de micronutrientes mudam ao longo da vida. *Nutrients* 10 <https://doi.org/10.3390/nu10101531>
- Marinho BM, Guimarães VHD, Moraes DS, Ribeiro GHM, Da Silva RM, Lopes NP, Guimarães ALS, De Paula AMB, Santos SHS (2023) *Lychnophora ericoides* Mart.: O extrato de etanol (arnica brasileira) acelera o processo de cicatrização de feridas na pele: evidências de seu mecanismo de ação. *Fitomedicina* 119
- Marinho BM, Lescano CH, Santos SHS (2024) Brazilian arnicas: Bioactive compounds, pharmacological properties, potential use and clinical applications. *Phytochem Rev* 23(1):245-280 <https://doi.org/10.1007/s11101-023-09884-x>
- Martino MR, Habibi M, Ferguson D, Brookheart RT, Thyfault JP, Meyer GA, Lantier L, Hughey CC, Finck BN (2023) Disruption of Hepatic Mitochondrial Pyruvate and Amino Acid Metabolism Impairs Gluconeogenesis and Endurance Exercise Capacity in Mice. *Am J Physiol-Endocrinol Metab* 1:1-27 <https://doi.org/10.1101/2023.08.22.554345>
- McLellan TM, Pasiakos SM, Lieberman HR (2014) Effects of protein in combination with carbohydrate supplements on acute or repeat endurance exercise performance: a systematic review. *Sports Med* 44(4):535-550 <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0133-y>
- McArdle WD, Katch FI, Katch VL (2016) Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 8th ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro

- McArdle WD, Katch FI, Katch VL (2021) *Nutrição para o Esporte e o Exercício*. 5th ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro
- Mendes GRL, Souza HF, Lopes JPA, Rocha ACS, Faria RB, Santos FR, Mesquita BMAC, Santos SHS, Durães CAF, Ferreira SR, Boitrago SCOS, Leal JS, Kamimura ES, Brandi IV (2024) A fermented milk drink with Umbu (*Spondias tuberosa*) pulp and whey is effective for weight gain and re-nutrition in malnourished: Na in vivo study in mice and children. *Food Res Int* 181. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n10-117>
- Menon D, Santos JS (2012) Consumo de proteína por praticantes de musculação que objetivam hipertrofia muscular. *Rev Bras Med Esporte* 18(1).
- Mekary RA, Gronteved A, Despres JP, Moura LP (2014) Weight training, aerobic physical activities, and long term waist circumference change in men. *Obesity* 23(2):461-467. <https://doi.org/10.1002/oby.20949>
- Moreno LG, Oliveira LG, Melo DS, Pereira LVC, Costa KB, Miranda JL, Vieira ER, Magalhães FC, Dias-Peixoto MF, Esteves EA (2016) Caryocar brasiliense fruit intake ameliorates hepatic fat deposition and improves intestinal structure of rats. *J Med Plants Res*. <https://doi.org/10.5897/JMPR2016.6222>
- Nascimento-Silva NRR, Naves MMV (2019) Potential of Whole Pequi (*Caryocar* spp.) Fruit—Pulp, Almond, Oil, and Shell—as a Medicinal Food. *J Med Food* 22(9). <https://doi.org/10.1590/1981-6723.29619>
- Neri-Numa IA, Pessôa MG, Arruda HS, Pereira GA, Paulino BN, Angolini CFF, Ruiz ALT, Pastore GM (2020) Genipap (*Genipa americana* L.) fruit extract as a source of antioxidant and antiproliferative iridoids. *Food Res Int* 134:1092. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109252>
- Nonato DTT, Vasconcelos SMM, Mota MRL, De Barros Silva PG, Cunha AP, Ricardo NMP, Chaves EMC (2018) The anticonvulsant effect of a polysaccharide-rich extract from *Genipa americana* leaves is mediated by GABA receptor. *Biomed Pharmacother* 101:181-187. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.02.074>
- Ombredane AS, Silva LRA, Araujo VHS, Costa PL, Silva LC, Sampaio MC, Lima MCF, Veiga Junior VF, Vieira IJC, Azevedo RB, Joanitti GA (2022) Pequi oil (*Caryocar brasiliense* Cambess.) nanoemulsion alters cell proliferation and damages key organelles in triple-negative breast cancer cells in vitro. *Biomed Pharmacother* 153:113348. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113348>
- Oliveira VB, Yamada LT, Fagg CW, Brandão MGL (2012) Alimentos Nativos da Biodiversidade Brasileira como Fonte de Compostos Bioativos. *Pesqui Aliment Int* 48:170-179. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.03.011>
- Oliveira LLG, Kitahara PY, Salvador AA, Xavier F, Rossetti GDAT, Vicentini MS, Bello SRB (2017) Recursos ergogênicos nutricionais proteicos: mecanismos de ação. *Rev Saúde Foco* 9.

- Oliveira RMM, Pereira FT, Pereira EC, Mendonça CJS (2020) Óleo de Buriti: índice de qualidade nutricional e efeito antioxidante e antidiabético. *Rev Virtual Quím* 12(1):2-12.
- Olivieri CMR, Freitas RAMS, Areas JAG (2024) Jatoba-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) pulp positively affects plasma and hepatic lipids and increases short-chain fatty acid production in hamsters fed a hypercholesterolemic diet. *Food Res Int* 175. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113766>
- Peccin S (2016) É Possível Evitar a Recuperação do Peso após o Emagrecimento? *Rev Int Nutrol* 9(1):140-143.
- Phillips SM (2014) Uma breve revisão dos processos críticos na hipertrofia muscular induzida por exercício. *Sports Med* 44(Suppl 1) <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0152-3n>
- Pinto SS, Araujo APA, Avelino FDC, Avelino AM, Ribeiro LT, Neto OC (2024) Características e potencialidades do Buriti. *Rev Multidisc Nordeste Mineiro* 3(3).
- Powers SK, Deminice R, Ozdemir M, Yoshihara T, Bomkamp MP, Hyatt H (2020) Exercise-induced oxidative stress: Friend or foe? *J Sport Health Sci* 9:415-425. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.04.001>
- Ravagnani FC de P, Ravagnani C de FC, Neto JAB, Voltarelli FA, Zavala AAZ, Habitante CA, Inouye CM (2012) Efeito de dietas hiperlipídicas com extrato de baru e chocolate sobre a área de adipócitos de ratos submetido ao exercício físico. *Rev Bras Med Esporte* 1(3).
- Reis AF, Schmieles M (2019) Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. *Braz J Food Technol* 22
- Reis FS, Macagnan FT (2020) Micronutrientes: uma revisão sobre a sua relação com o sistema imunológica, biodisponibilidade e fortificação dos alimentos. <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2290>.
- Reis AF, Schmieles M (2019) Características e potencialidades de frutas do Cerrado na indústria alimentícia. *Rev Bras Aliment Tecnol* 22 <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>
- Ritti-Dias RM, Trapé ÁA, Farah BQ, Petreça DR, Lemos CE, Carvalho FFB, Magalhães LL, Maciel MG, Gomes PSC, Manta SW, Hallal PC, Andrade DR (2021) Atividade física para adultos: Guia de Atividade Física para a População Brasileira. *Rev Bras Ativ Fís Saúde* 26. <https://doi.org/10.12820/rbafs.26e0215>
- Ribeiro NG, Dos Santos FR, Oliveira JR, Machado AS, Lélis DF, De Paula AMB, Guimarães ALS, Farias LC, Santos SHS (2021) Efeito hepatotóxico da *Lafoensia pacari* A. St. (Lythraceae) em um modelo de camundongos obesos induzidos por dieta. *Lett Prot Pept* 28:781-787. [10.2174/0929866528666210127151803](https://doi.org/10.2174/0929866528666210127151803)
- Rocha LPB, De Oliveira Alves JV, Da Silva Aguiar IF, Da Silva FH, Da Silva RL, De Arruda LG, Da Silva MV (2021) Uso de plantas medicinais: Histórico e relevância. *Res Soc Dev* 10(10). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18282>

- Rodrigues AO, Douranth MR, Almeida ACG, Alves RUV (2021) Benefícios do uso da glutamina por atletas de alta performance: Uma revisão sistemática. *Rev Bras Cienc Aplic* 3:1492-1504. <https://doi.org/10.34115/basrv5n3-015>
- Rodrigues FM, Da Silva JW, De Lima JS, De Azevedo Ramos B, Paz ST, Lomonaco D, Ximenes RM (2024) Antiulcer activity of *Mauritia flexuosa* L.f. (Arecaceae) pulp oil: an edible Amazonian species with functional properties. *Fitoterapia* 174. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2024.105857>
- Roll MM, Vilela ALM, Longo JPF, Costa TSA, Grisolia CK (2018) O óleo de polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fornece proteção contra anemia, inflamação e estresse oxidativo relacionados ao envelhecimento em camundongos suíços, especialmente em fêmeas. *Genet Mol Biol* 41(4):858-869. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2017-0218>
- Romani VP, Alves Silva GF, Martins VG (2021) Potencial de frutos do cerrado brasileiro como matérias-primas de filmes flexíveis para embalagens de alimentos – uma revisão. *Rev Bras Pesqui Alim* 12(3):26-41.
- Romero ABR, Martins MCC, Nunes PHM, Ferreira NRT, Brito AKS, Cunha PFM, Lima A, Assis RC, Araújo EM (2015) In vitro and in vivo antioxidant activity of Buriti fruit (*Mauritia flexuosa* L.f.). *Nutr Hosp* 32(5):2153-2161. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9603>
- Rubin de Rubin JC, Santos NBF, Silva RT, Rosa MEC (2013) Patrimônio arqueológico e fenômenos climáticos: como os fenômenos IOS podem afetar os sítios arqueológicos do Bioma Cerrado. In: Rubin de Rubin JC, Silva RT (eds) *Geoarqueologia*. Ed. da PUC Goiás, Goiânia, p 268.
- Santos DCD, Filho JGO, Sousa TL, Ribeiro CB, Egea MB (2021) Melhoria dos efeitos da síndrome metabólica com o consumo de frutas ricas em compostos bioativos do Cerrado brasileiro: uma revisão narrativa. *Crit Rev Food Sci Nutr* 27:7632-7649. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1916430>
- Santos AC, Amaro LBR, Batista JAH, Lelis SF, Lélis DF, Guimarães ALS, Santos SHS, Andrade JMO (2023) A curcumina melhora a resposta metabólica e aumenta a expressão de marcadores associados à termogênese no tecido adiposo de descendentes masculinos de mães obesas. *Endocrinol Mol Cell* 563. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2022.111840>
- Schiassi MCE, Souza VR, Lago AMT, Campos LG, Queiroz F (2018) Frutas da região do Cerrado brasileiro: caracterização físico-química, compostos bioativos, atividades antioxidantes e avaliação sensorial. *Quim Alim* 245(15):305-311. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.104>
- Schimpl FC, Silva JF, Carvalho Gonçalves JF, Mazzaféra P (2013) Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. *J Ethnopharmacol* 150(1):14-31. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.08.023>

- Schincaglia RM, Cuppari L, Neri HFS, Cintra DE, Sant'ana MR, Mota JF (2020) Effects of baru almond oil (*Dipteryx alata* Vog.) supplementation on body composition, inflammation, oxidative stress, lipid profile, and plasma fatty acids of hemodialysis patients: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Complement Ther Med* 52. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102479>
- Seyffarth AS (2009) Manual de nutrição profissional da saúde. Sociedade Brasileira de Diabetes, São Paulo.
- Silva DL, Sousa HMS, Martins GAS, Silva JFM, Pelúzio JM, Leal GF (2019) Capacidade Antioxidante de Frutos do Cerrado. *Rev Desafios Supl.* <http://dx.doi.org/10.20873/uftsupl2019-6845>
- Silva JNB, Guimarães VHD, Marinho BM, Machado AS, Santos AR, David LRS, Melo GA, De Paula AMB, Santos SHS (2022) Caryocar brasiliense Camb.: fração butanólica de casca de fruta induz efeitos antiproliferativos contra linhagem celular de melanoma murino. *Fitomed Plus* 2. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2022.100273>
- Silva AA, Gomes AR, Reis IG, Leal PEPT, Lessa MR, Pinto NAVD, Riul TR, Villela DC (2023a) Suplementação com farinha de Jatobá do Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) diminui a inflamação hipotalâmica e melhora os parâmetros de obesidade em ratos com dieta rica em gordura. *J Neuroimmunol* 385. [10.1016/j.jneuroim.2023.578237](https://doi.org/10.1016/j.jneuroim.2023.578237)
- Silva AB, Castro ACM, Fidale TM, Magalhães AM, Gonçalves LCO, Bezerra JA, Cavalcante JB, Silva JRV, Silva RPM (2023b) Efeito do extrato de jatobá (*Hymenaea Courbaril* L.) sobre marcadores inflamatórios PCR de jogadores de futebol profissional de Rio Branco-Acre. In: II Congresso Euroamericano de Procesos y Productos Alimentarios, Diamantina. Online. [https://www.even3.com.br/anais/ceapa2023/731889-EFEITO-DO-EXTRATO-DE-JATOBA-\(HYMENAEA-COURBARIL-L\)-SOBRE-MARCADOR-INFLAMATORIOS-PCR-DE-JOGADORES-DE-FUTEBOL-PROF](https://www.even3.com.br/anais/ceapa2023/731889-EFEITO-DO-EXTRATO-DE-JATOBA-(HYMENAEA-COURBARIL-L)-SOBRE-MARCADOR-INFLAMATORIOS-PCR-DE-JOGADORES-DE-FUTEBOL-PROF). Accessed 5 Aug 2024.
- Siqueira, MAS, Coqueiro KTO, Zuniga A (2018) Caracterização Fitoquímica De Frutos Nativos Do Cerrado (*Hancornia Speciosa*, *Campomanésia Xanthocarpa*, *Eugenia Dysenterica*): Uma Breve Revisão. *Desafios Rev Interdisciplinar Univ FedTocantins* 1:128134. <https://doi.org/10.20873/uft.23593652.2018vol5n1p128>
- Soares JF, Borges LA, Brandi IV, Lima JP, Santos SHS (2021) Caracterização do óleo de buriti produzido no Norte de Minas Gerais: parâmetros de qualidade, perfil de ácidos graxos e conteúdo de carotenoides. *Res Soc Dev* 10(3). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13734>
- Sousa MMS, Navarro F (2010) Suplementação de carboidratos e fadiga eles praticantes de atividades de resistência. *Rev Bras Nutr Esportiva* 24:462-474.
- Stafussa AP, Maciel GM, Bortolini DG, Maroldi WV, Ribeiro VR, Fachi MM, Pontarolo R, Bach F, Pedro AC, Haminiuk CWI (2021) Bioatividade e bioacessibilidade de compostos fenólicos de purês de frutas brasileiras. *Alimentos Fut* 4. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100066>

- Torres LR, Santana FC, Torres-Leal FL, Melo IL, Yoshime LT, Matos-Neto EM, Seelaender MC, Araujo CM, Cogliati B, Mancini-Filho J (2016) Pequi (Caryocar brasiliense Camb.) óleo de amêndoa atenua lesão hepática aguda induzida por tetracloreto de carbono em ratos: efeitos antioxidantes e antiinflamatórios. *Quim Alim* 225:146-153. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.09.009>
- Torres LRO, Santana FC, Shinagawa FBJ, Filho M (2018) Compostos bioativos e potencial funcional do pequi (Caryocar spp.), fruta nativa brasileira: uma revisão. *Graças* 69(2) <https://doi.org/10.3989/gya.1222172>
- Vale AF, Ferreira HH, Benetti EJ, Rebelo ACS, Figueiredo ACR, Barbosa CE, Simões K (2018) Efeito antioxidante do óleo de pequi (Caryocar brasiliense) no tecido hepático de ratos treinados por exercícios exaustivos de natação. *Rev Bras Biol* 79(2):257-262. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.180015>
- Vergara LP, Oliveira RM, Franzon RC, Chim JF, Zambiasi RC (2020) Efeito da retenção de compostos bioativos e perfil sensorial em balas mastigáveis formuladas com polpa Blend. *Rev Bras Desenv* 6(11):90148-90159. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-431>
- Vieira EP, Navarro AC, Silva AJS, Navarro F (2021) Efeitos do treinamento resistido e da suplementação com whey protein sobre sistema operacional marcadores creatinina e uréia de ratos. *Rev Bras Fisiol Exerc* 20(2):130-140. <https://doi.org/10.33233/rbfex.v20i2.3974>
- Vilela ALM, Senhorelo GS, Akimoto AK, Alves PCZ, Pereira LCS, Klautau-Guimarães MN, Grisolia CK (2011) Polimorfismos genéticos influenciam as respostas dos corredores à ingestão dietética de suplementação antioxidante à base de óleo de pequi (Caryocar brasiliense Camb.): um estudo antes-depois. *Genes Nutr* 6:369-395. <https://doi.org/10.1007/s12263-011-0217-y>
- Xavier MDS, Bezerra DG, Andrade PIFM, Santos HLV, De Paula JAM (2019) Eficiência da encapsulação de extratos seco microencapsulados resultado de sementes frescas de *Azadirachta indica*. In: VI Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, Anápolis. Anais. UEG, Anápolis, p 1-5.
- Westcott WL (2012) O treinamento de resistência é um remédio: efeitos do treinamento de força na saúde. *Curr Sports Med Rep* 11(4):209-216. <https://doi.org/10.1537-890X/1104/209Y216>
- Wycherley TP, Moran LJ, Clifton PM, Noakes M, Brinkworth GD (2012) Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 96:1281-1298. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.044321>
- Zabot GL, Rodrigues FS, Ody LP, Tres MV, Herrera E, Palacin H, Córdova-Ramos JS, Best I, Olivera-Montenegro L (2022) Encapsulation of bioactive compounds for food and agricultural applications. *Polymers* 14. <https://doi.org/10.3390/polym14194194>

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

O presente estudo demonstrou ser uma pesquisa inovadora por ter analisado a suplementação alimentar hiperproteica à base do fruto do Cerrado Buriti (*Mauritia flexuosa* L.), associada com o exercício físico. Sendo que os resultados dessa abordagem podem ser transformados em uma estratégia promissora na melhora metabólica, como destaque para a perda de peso corporal e na modulação de parâmetros bioquímicos, incluindo em uma ação positiva na sensibilidade à insulina. Contudo, o estudo enfrentou limitações metodológicas, como a impossibilidade de realizar ressonâncias magnéticas, devido a falhas no equipamento durante o período de coleta de dados, que permite a visualização do músculo em detalhes e poderiam ser usadas para medir o volume muscular total e as mudanças na composição muscular. Foi observado que há uma escassez de estudos relacionados a suplementos com frutos do Cerrado relacionado com exercício físicos e seus efeitos no músculo e metabolismo, particularmente no que diz respeito ao Buriti não foi encontrado estudo que tenha essa abordagem. Essa ausência de pesquisas que explorem a interação entre o Buriti e o exercício físico representou uma dificuldade adicional na condução e contextualização dos achados.

Por fim, é importante que os resultados deste estudo sejam interpretados levando em considerações as limitações mencionadas. Como perspectivas futuras, será essencial avaliar o impacto do suplemento de frutos do Cerrado em vias oxidativas e metabólicas, associadas ao exercício físico, com o objetivo de explorar as relações em nível molecular.

Em relação à minha experiência como aluna do mestrado em Alimentos e Saúde da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Ciências Agrárias (ICA) de Montes Claros, e a parceria com o Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde (PPGCS) da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), considero que foi extremamente satisfatória. Tive a oportunidade de vivenciar, aprender e absorver conteúdo com excelentes mentores — digo mentores porque muitas pessoas estão envolvidas no PPGCS. Participando de diversas técnicas de laboratório, aulas e seminários, pude empenhar-me, deleitar-me e dedicar-me completamente ao mundo da pesquisa. Sinto-me realizada por ter concretizado esse sonho que o programa me proporcionou, e um novo olhar se abriu sobre a vida acadêmica e científica. Essa visão voltada às inovações, com acesso a diversos conteúdos e interação com colegas de laboratório, foi enriquecedora. Estou imensamente grata por ter vivido essa experiência.

ANEXOS

ANEXO I



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "**Uso de um suplemento alimentar hiperprotéico à base do fruto do Cerrado Buriti (Mauritia flexuosa) em camundongos: efeitos do exercício físico na força, musculatura e metabolismo**", registrada com o Projeto de Protocolo N° 005/2023, sob a responsabilidade do **Prof. Sérgio Henrique Sousa Santos**, para fins de pesquisa científica - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei n° 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto n° 6.899, de 15 de julho de 2009 e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal - CONCEA, adotados pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UNIMONTES.

O projeto foi **APROVADO** no dia **28/07/2023**, com a quantidade total de 64 Camundongos isogênicos, linhagem Swiss.

Esse Certificado tem validade de 05 (cinco anos), a contar a partir da data de sua aprovação.

Por ser verdade, firmamos o presente.

Profª. Dra. *Auriclécia Lopes de Oliveira Aiura*
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA/UNIMONTES



Documento assinado eletronicamente por **Auriclécia Lopes de Oliveira Aiura**, Coordenadora, em 15/08/2024, às 10:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sci/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **95109705** e o código CRC **0D19819B**.

Referência: Processo nº 2310.01.0010806/2023-76

SEI nº 95109705

ANEXO I

10/10/2024, 20:44

Yahoo Mail - PHYT-D-24-00499 - Submission Notification to co-author - [EMID:167527cb9b98b12a]

PHYT-D-24-00499 - Submission Notification to co-author - [EMID:167527cb9b98b12a]

De: Phytochemistry Reviews (PHYT) (em@editorialmanager.com)

Para: michelaalves@yahoo.com.br

Data: quinta-feira, 5 de setembro de 2024 às 11:33 BRT

Re: "Cerrado Plants, Fruits, and Bioactive Compounds: Effects on Muscle, Strength, Physical Exercise, and Metabolism"

The submission id is: PHYT-D-24-00499

Full author list: Michela Abreu Francisco Alves; Vera Lúcia Lacerda Medeiros; Sidnei Tavares dos Reis; Sérgio Henrique Sousa Santos

Dear Ms Alves,

We have received the submission entitled: "Cerrado Plants, Fruits, and Bioactive Compounds: Effects on Muscle, Strength, Physical Exercise, and Metabolism" for possible publication in Phytochemistry Reviews, and you are listed as one of the co-authors.

The manuscript has been submitted to the journal by Ms Dr Sérgio Henrique Sousa Santos who will be able to track the status of the paper through his/her login.

If you have any objections, please contact the editorial office as soon as possible. If we do not hear back from you, we will assume you agree with your co-authorship.

Thank you very much.

With kind regards,
Springer Journals Editorial Office
Phytochemistry Reviews

This letter contains confidential information, is for your own use, and should not be forwarded to third parties.

Recipients of this email are registered users within the Editorial Manager database for this journal. We will keep your information on file to use in the process of submitting, evaluating and publishing a manuscript. For more information on how we use your personal details please see our privacy policy at <https://www.springernature.com/production-privacy-policy>. If you no longer wish to receive messages from this journal or you have questions regarding database management, please contact the Publication Office at the link below.

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/phyt/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.