

O tempo da ingestão de nutrientes: o impacto no rendimento desportivo ***Nutrient timing: the impact on sports performance***

José Tiago Carvalho Pereira

ORIENTADO POR: DRA. RAQUEL FERREIRA TEIXEIRA

REVISÃO TEMÁTICA

1.º CICLO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO | UNIDADE CURRICULAR ESTÁGIO

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

TC

PORTO, 2025



Resumo

Introdução: O momento da ingestão de nutrientes é um fator potencialmente determinante para a otimização do rendimento desportivo, da recuperação muscular e dos ganhos em massa muscular e força. A ingestão de proteína e hidratos de carbono tem sido amplamente estudada. No entanto, há alguma incerteza quanto ao impacto do momento dessa ingestão na sua eficácia, sendo o mesmo aplicável à ingestão de lípidos, cuja evidência é mais limitada.

Objetivos: Esta revisão visa analisar a influência do momento de ingestão de proteína, hidratos de carbono e lípidos em atletas, sobretudo nos efeitos sobre o desempenho, composição corporal e recuperação muscular.

Metodologia: Foram analisados um total de 32 estudos, entre os quais estudos experimentais e revisões sistemáticas, com e sem meta-análise, que abordam o momento da ingestão de macronutrientes em exercícios de endurance, exercício intermitente e treino de força.

Resultados: A ingestão de hidratos de carbono antes e durante o exercício afigura-se como estratégia eficaz para otimizar o desempenho. A ingestão de proteína peri-exercício favorece a recuperação muscular e a preservação da força, embora a quantidade diária total seja o principal fator para hipertrofia e força. O consumo de lípidos próximo do exercício pode aumentar o desconforto gastrointestinal, sendo um tema ainda pouco explorado.

Conclusão: O momento da ingestão de nutrientes, principalmente hidratos de carbono e proteína pode otimizar o rendimento e a recuperação. São necessárias mais investigações sobre a ingestão de lípidos para clarificar o seu papel.

Palavras-Chave: Momento da ingestão; Nutrientes, Rendimento desportivo

Abstract

Introduction: The timing of nutrient intake is a potentially determining factor for optimizing athletic performance, muscle recovery, and gains in muscle mass and strength. Protein and carbohydrate intake has been widely studied. However, there remains some uncertainty regarding the impact of timing on their effectiveness, and the same applies to fat intake, for which the evidence is more limited.

Objectives: This review aims to examine the influence of protein, carbohydrate, and lipid intake timing in athletes, particularly its effects on performance, body composition, and muscle recovery.

Methodology: A total of 32 studies were analysed, including experimental studies and systematic reviews, with and without meta-analysis, addressing the timing of macronutrient intake in endurance exercise, intermittent exercise, and resistance training.

Results: Carbohydrate intake before and during exercise remains an effective strategy to optimize performance. Peri-exercise protein intake supports muscle recovery and strength preservation, although total daily protein intake is the primary factor for promoting hypertrophy and strength. Lipid consumption close to exercise may increase gastrointestinal discomfort and remains a relatively underexplored topic.

Conclusion: The timing of nutrient intake, particularly carbohydrates and protein, may optimize performance and recovery. Further research on lipid intake is needed to clarify its role.

Keywords: Nutrient Timing; Nutrients; Athletic Performance

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

1RM - Uma Repetição Máxima (*One Repetition Maximum*)

CK - Creatina Quinase - (*Creatine Kinase*)

ES - Tamanho do Efeito (*Effect Size*)

GI - Gastrointestinal

HC - Hidratos de Carbono

HCM - Refeição Rica em Hidratos de Carbono (*High Carbohydrate Meal*)

HFM - Refeição Rica em Lípidos (*High Fat Meal*)

LIP - Lípidos

MCT - Triglicerídios de Cadeia Média (*Medium-Chain Triglycerides*)

MD - Diferença Média (*Mean Difference*)

MPS - Síntese Proteica Miofibrilar (*Myofibrillar Protein Synthesis*)

PRO - Proteína

RCT - Ensaio Clínico Aleatorizado (*Randomized Controlled Trial*)

RGM - Ressíntese de Glicogénio Muscular

SMD - Diferença Média Padronizada (*Standardized Mean Difference*)

TT - Contrarrelógio (*Time-Trial*)

TTE - Tempo Até à Exaustão (*Time To Exhaustion*)

Sumário

Resumo	i
Abstract	ii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	iii
Sumário	iv
Introdução.....	1
Objetivos	2
Metodologia	2
1. Hidratos de Carbono	3
1.1. Endurance	3
1.2. Treino de Força	5
1.3. Desportos Intermitentes.....	6
2. Proteína	6
3. Hidratos de Carbono e Proteína	9
4. Lípidos.....	11
Discussão	12
Conclusões	15
Agradecimentos	16
Referências	18
Apêndice	23

Introdução

A nutrição desempenha um papel fundamental e abrangente na otimização do desempenho desportivo, no rendimento imediato, na capacidade de recuperação e, nas adaptações ao treino ⁽¹⁾. O conceito do tempo de ingestão de nutrientes refere-se ao momento em que os nutrientes são consumidos em relação ao exercício - antes, durante ou depois - sendo um conceito que tem vindo a ganhar relevância na literatura científica ⁽¹⁾, acompanhado por avanços metodológicos que permitem uma avaliação mais precisa das adaptações metabólicas ao exercício ^(2, 3). Este momento de ingestão deve ser entendido como uma janela de oportunidade para potenciar os benefícios da nutrição desportiva, sem, contudo, substituir a importância da ingestão total adequada de nutrientes ao longo do dia ⁽⁴⁾. Em contextos de elevada frequência e/ou volume de treinos, provas de duração mais longa ou modalidades com exigências metabólicas mais elevadas, a sincronização da ingestão nutricional pode fazer a diferença na recuperação e desempenho subsequentes ⁽⁵⁻⁸⁾. A evidência atual descreve de forma muito clara a influência que a ingestão adequada de nutrientes essenciais - nomeadamente os hidratos de carbono (HC), proteínas (PRO) e lípidos (LIP) - exercem sobre processos fisiológicos, como a síntese de glicogénio muscular, a recuperação das reservas energéticas, a síntese proteica muscular, a resposta hormonal e inflamatória, todos com impacto potencial no desempenho desportivo ^(1, 9, 10). A ingestão de HC continua a ser central para os atletas, seja pela manutenção das reservas de glicogénio, diminuição da sensação de fadiga e também melhoria do desempenho ⁽¹¹⁾. Da mesma forma, a ingestão de PRO encontra-se associada à melhoria da recuperação e da síntese proteica, sendo o momento da sua ingestão de particular

interesse em treinos de força ⁽¹²⁾. Em contrapartida, a literatura não é tão vasta no que diz respeito ao estudo do consumo de LIP nos momentos imediatamente próximos ao exercício ⁽¹⁾. Face ao exposto, torna-se pertinente a elaboração de uma revisão narrativa que explore a evidência mais recente sobre o momento de ingestão destes nutrientes e o seu impacto no desempenho desportivo.

Objetivos

A presente revisão tem como principal objetivo analisar o impacto do tempo de ingestão dos nutrientes, com foco nos hidratos de carbono, proteínas e lípidos, no rendimento desportivo em atletas. Nesse sentido, pretende-se explorar a importância do momento da ingestão (antes, durante e/ou após o exercício) e, como este influencia fatores como a disponibilidade de substratos energéticos, a recuperação, a fadiga e, por consequência, o rendimento desportivo.

Metodologia

Foi realizada uma revisão da literatura, através de estudos disponíveis nas bases de dados *PubMed*, *Scopus* e *Web Of Science*, entre fevereiro e abril de 2025, sem limitações no tipo de estudo ou na data de publicação. A estratégia de pesquisa passou pela combinação de termos-chave relacionados com o momento da ingestão de nutrientes e o rendimento desportivo. As palavras-chave usadas foram: protein intake; protein ingestion; protein supplementation; carbohydrate intake; carbohydrate ingestion; carbohydrate supplementation; fat intake; fat ingestion; fat supplementation; exercise performance; muscle strength; physical performance; timing; before exercise; pre-exercise; during exercise; post-exercise; after exercise"). Estes termos de pesquisa foram combinados com os operadores booleanos AND, OR numa ótica de refinar a pesquisa e assegurar uma

cobertura abrangente da literatura relevante. Foram incluídos artigos publicados em inglês e português, sendo excluídas as restantes línguas. A ausência de critérios de exclusão adicionais visou ampliar o espectro de estudos incluídos, permitindo uma análise abrangente e integradora da temática. A metodologia encontra-se resumida na Figura 1 (Apêndice).

1. Hidratos de Carbono

Os HC são a principal fonte de energia durante o exercício físico de intensidade moderada a alta, sendo a sua adequada ingestão essencial para a maximização do desempenho ^(13, 14). A otimização das reservas de glicogénio muscular e hepático é determinante para manter a intensidade do esforço e atrasar a fadiga ⁽¹³⁻¹⁵⁾. Assim, a ingestão estratégica de HC é uma das intervenções nutricionais mais corroboradas pela literatura científica no que diz respeito à melhoria do rendimento desportivo ⁽¹⁶⁾.

1.1. Endurance - Com o objetivo de avaliar a ingestão aguda de HC em provas de endurance no momento pré e/ou durante o exercício, Vandenberg et al. ⁽¹⁷⁾ realizaram uma meta-análise, na qual foram observadas melhorias de até 6% no desempenho do contrarrelógio (TT) e de provas de tempo até à exaustão (TTE), sendo que, a ingestão de HC antes do exercício (1-4 horas) teve um efeito positivo pequeno a moderado em comparação com a ingestão imediatamente antes. Estudos como o de Below et al. ⁽¹⁸⁾, evidenciam essas melhorias, pois, quem ingeriu HC (solução de 6% de HC como Gatorade ou solução de 40% maltodextrina) ao longo da prova, teve melhorias de até 6,3% no desempenho do TT. Por sua vez, Currell & Jeukendrup ⁽¹⁹⁾, indicam que, ingerir bebidas com um rácio de glicose/frutose 2:1, durante o exercício, apresenta melhorias no desempenho

(19%) em comparação com placebo. Relativamente ao impacto da ingestão oral de HC em comparação com o enxaguamento bucal durante a prova e, em condições de baixos níveis das reservas de glicogénio, num ensaio conduzido por Ali et al. ⁽²⁰⁾, a ingestão oral mostrou-se superior, tanto no aumento da potência como na redução do tempo de prova. Jentjens et al. ⁽²¹⁾, avaliaram o efeito da ingestão de glicose 45 minutos antes do exercício, com 3 doses distintas (25g, 75g e 200 g), na qual não se verificaram diferenças no desempenho do TT entre os grupos. Por sua vez, numa meta-análise de Pöschmüller et al. ⁽²²⁾, verificaram-se benefícios ergogénicos consistentes com a ingestão de HC antes e/ou durante a prova, sendo que os efeitos mais substanciais foram observados em exercícios submáximos seguidos de TT (*Mean Difference (MD)*=-0,9 minutos) e aumento na potência média (*MD*=+20,2W) nos grupos que ingeriram HC em comparação com o placebo. Num RCT de Learsi et al. ⁽²³⁾, 9 ciclistas realizaram 105 minutos de esforço constante acrescido de 10km de TT, no qual dois grupos (grupo 1 - estado alimentado (batido com 137g HC, 29,8g PRO e 16,9g LIP); grupo 2 - jejum de 15 horas) ingeriram uma bebida com 8% de maltodextrina, antes do exercício e a cada 15 minutos a partir do início do mesmo e, em ambos os casos houve diminuição do tempo de TT nos grupos que ingeriram HC (grupo 1: 20,2 para 18,5 min; grupo 2: 21,7 para 18,7 min). Margolis et al. ⁽²⁴⁾ avaliaram o efeito da suplementação de 80g de glicose em endurance, sob diferentes situações de défice energético (20%, 40% e 60%) e, apesar de uma redução de 10% na taxa de oxidação de glicose exógena e de níveis mais baixos de glicogénio muscular, não houve diferenças significativas em TTE entre a fase sem défice energético e as 3 diferentes fases com défice energético. Num RCT de Fulco et al. ⁽²⁵⁾, os investigadores exploraram o rendimento em TT num contexto de alta altitude (4300m) e sob um défice energético de 1250

kcal/dia e, o grupo que ingeriu uma solução com 10% de HC a cada 15 minutos durante a prova, apresentou melhorias em ambos os dias testados (1º dia - 105 para 80min; 2º dia - 90 para 77 min). Mais recentemente, e numa perspetiva de perceber os efeitos da ingestão de HC em exercícios prolongados (mais de 45 minutos), Bourdas et al. ⁽²⁶⁾, realizaram uma meta-análise, onde se verificou uma melhoria moderada e consistente no desempenho (*Standardized Mean Difference* (SMD)=0,43) de TT e TTE. Essa melhoria é evidente quando a ingestão de HC é realizada durante exercícios com 2-4 horas de duração (SMD=0,51), com 1-2 horas (SMD=0,41), e não significativa em provas com menos de 1 hora de duração (SMD=0,15), assim como mais de 4 horas de duração (SMD=0,19). Bourdas et al. ⁽²⁶⁾, também mostram que o efeito da ingestão de HC durante o exercício é bastante superior (SMD=0,47) em comparação à ingestão de HC antes do exercício (SMD=0,12).

1.2. Treino de Força - Quando analisamos o impacto do tempo de ingestão de HC no desempenho de treinos de força, importa referir a meta-análise conduzida por King et al. ⁽²⁷⁾, cujo objetivo foi perceber o impacto da ingestão aguda de HC neste contexto, observando-se um aumento (SMD=0,61) do volume total da sessão com a suplementação de HC, sendo que a ingestão durante o treino tem maior relevância quando as sessões têm uma duração superior a 45 minutos (SMD=1,02) e/ou a ingestão pré-treino realiza-se após um período de jejum igual ou superior a 8 horas (SMD=0,31). De forma consistente, e no que diz respeito à manutenção das reservas de glicogénio muscular, Haff et al. ⁽²⁸⁾, demonstraram que, a ingestão de 1g/kg de HC no momento pré-treino e 0,5g/kg de HC a cada 10 minutos durante o exercício traduzia-se numa diminuição significativamente menor das reservas de

glicogénio em comparação com o placebo (-17,2 vs. -33,1 mmol/kg *wet weight*⁻¹). Para avaliar a ingestão de HC no momento pós-exercício, foi conduzido um RCT por Oliver et al. ⁽²⁹⁾, onde 16 homens treinados foram sujeitos a uma depleção das reservas de glicogénio, com posterior ingestão de HC pós-exercício (1,2g/kg de HC) em comparação com placebo (bebida sem calorias) e, posterior teste de força (2 horas depois), na qual se verificou um aumento da potência média por repetição (3,1%) no grupo que ingeriu HC.

1.3. Desportos Intermitentes - O impacto do momento da ingestão de HC neste contexto foi avaliada por Mizuno et al. ⁽³⁰⁾, com a realização de um ensaio no qual pretendiam criar condições semelhantes a um jogo de futebol, sendo alocados em 3 cenários diferentes - gel com HC imediatamente antes do exercício (1g/kg); gel com HC imediatamente antes do jogo (0,5g/kg) e durante (0,5g/kg); placebo imediatamente antes do jogo - e no qual não se verificaram diferenças na percepção de fadiga, impulsão, dano muscular induzido pelo exercício nem na resposta inflamatória ao mesmo. Num estudo crossover de Vigh-Larsen et al. ⁽³¹⁾, com o objetivo de perceber a efetividade da suplementação com HC no desempenho e no metabolismo muscular em exercícios intermitentes de alta intensidade e curta duração, foram administradas bebidas com HC (55g/hora) e placebo, onde não se perceberam alterações entre a ingestão de HC ou placebo nos níveis de degradação do glicogénio muscular, nos marcadores de metabolismo muscular, assim como no desempenho dos *sprints*.

2. Proteína

A PRO é um nutriente essencial para o crescimento e reparação muscular, sendo o seu consumo da maior importância para atletas de diferentes desportos ⁽³²⁾. Sabe-se que uma ingestão adequada de PRO ao longo do dia estimula a síntese

proteica muscular, facilita a recuperação e o aumento da massa muscular ⁽³²⁻³⁵⁾. Considerando a possibilidade de existir um benefício adicional no ganho de força e hipertrofia muscular com a ingestão de PRO no momento pré e/ou pós exercício em comparação com outros momentos do dia, Schoenfeld et al. ⁽³⁶⁾ realizaram uma meta-análise, observando-se um efeito pequeno a moderado na hipertrofia (*Effect Size* (ES)=0,24) e um efeito no ganho de força com a ingestão de PRO (dose entre 12g-42g) imediatamente antes e/ou após (protocolos variam entre 1 hora antes e/ou após) o exercício, no entanto, após uma meta-regressão com controle da ingestão total diária de PRO não houve diferenças em força e hipertrofia entre grupos. Num RCT de Cribb & Hayes ⁽³⁷⁾, um grupo recebeu um suplemento contendo PRO, glicose e creatina imediatamente antes e após o exercício, enquanto o outro grupo recebeu a mesma suplementação mas em horários distantes do treino, nomeadamente de manhã, após acordar e à noite - e observaram-se diferenças no aumento da massa magra no grupo que ingeriu o suplemento no momento próximo do treino (+2,8kg vs. +1,5kg), assim como ganhos de força, verificados através de testes de 1RM. Por sua vez, Hoffman et al. ⁽³⁸⁾, estudaram o impacto na força, potência e composição corporal entre ingerir um suplemento com 42g de PRO antes e depois do treino em comparação com ingerir de manhã e à noite, mas, ao contrário de Cribb & Hayes ⁽³⁷⁾, não obtiveram diferenças entre grupos em nenhum dos parâmetros analisados. Mais recentemente, e, para investigar o efeito da ingestão de PRO e do momento de ingestão na composição corporal e na função muscular, Wirth et al. ⁽³⁹⁾, realizaram uma meta-análise e verificaram que, apesar dos ganhos de massa magra com o uso de suplementação de PRO, o momento da ingestão não teve um efeito

significativo nos ganhos, além de que, nenhum dos marcadores da função muscular mostraram ser significativamente influenciado pelo momento de ingestão da suplementação de PRO. Relativamente ao impacto do momento de ingestão de PRO no período pós-exercício, na síntese de proteína miofibrilar (MPS) nas 12 horas subsequentes ao exercício, Areta et al. ⁽⁴⁰⁾, verificaram que a ingestão de 20 gramas de PRO a cada 3 horas depois do exercício (4 ingestões, totalizando 12 horas), promovia o maior aumento na MPS (31-48%) em comparação com outros protocolos (2x40g a cada 6 horas e 8x10g a cada 1.5 horas). Snijders et al. ⁽⁴¹⁾, avaliaram o impacto da suplementação de PRO antes de dormir nos ganhos de massa muscular e força ao longo de 12 semanas (protocolo de suplementação consistia na ingestão de um suplemento com 27,5g de PRO e 15g de HC todas as noites, antes de deitar, em comparação com um placebo sem valor energético), revelando ganhos de força muscular mais significativos no grupo que ingeriu o suplemento com PRO, assim como um maior aumento da área de secção transversa do músculo quadríceps (+8.4 cm² vs. +4.8 cm²) e maior aumento do tamanho das fibras musculares do tipo II (+2319 µm² vs. +1017 µm²) em comparação com o placebo. Numa meta-análise de Pearson et al. ⁽⁴²⁾, o consumo peri-exercício mostrou ter efeitos benéficos na preservação da força de contração isométrica voluntária máxima 96 horas após o exercício (ES=0,639), na manutenção da força de contração isocinética voluntária máxima 24 horas após o exercício (ES=0,639), 48 horas após (ES=0,447) e 72 horas após (ES=0,569), diminuição das concentrações de creatina quinase (CK) após 48 horas (ES=0,836) e 72 horas (E=1,335), no entanto, em relação à dor muscular, a suplementação no momento referido não apresentou efeitos significativos. Ormsbee et al. ⁽⁴³⁾, olharam para marcadores agudos de dano muscular com o objetivo de perceber possíveis efeitos

da suplementação de PRO antes de dormir na recuperação e força a curto prazo e, forneceram a cada grupo um suplemento diário com 40g de caseína 30 minutos antes de dormir ou um placebo, mas não se verificaram diferenças nos marcadores usados para o dano muscular (proteína C-Reativa e CK), nem no desempenho subsequente em 1RM.

3. Hidratos de Carbono e Proteína

Os efeitos no desempenho atlético da ingestão conjunta de HC e PRO em comparação com suplementos que apenas contém HC na sua composição, foram analisados por Stearns et al. ⁽⁴⁴⁾, através de uma meta-análise, onde mostraram não haver melhorias significativas na adição de PRO ao suplemento de HC, durante o exercício, nos estudos com protocolos que incluíam TT. Por sua vez, naqueles que contemplavam protocolos de TTE houve uma melhoria de 9% ao adicionar PRO durante o exercício. Já os trabalhos em que os protocolos de suplementação eram isoenergéticos não apresentaram um efeito estatisticamente significativo, enquanto os protocolos de suplementação com a mesma quantidade de HC, com o acréscimo da PRO, chegaram a aumentos de 10,5% no desempenho. Nielsen et al. ⁽⁴⁵⁾ procuraram analisar os efeitos da ingestão de HC com e sem PRO durante o exercício (maioria dos protocolos refere uma ingestão a cada 15 minutos de exercício) e durante o período de recuperação, mostrou melhorias significativas com a adição de PRO nos ensaios com protocolos de TTE (MD=3,62), em particular com a ingestão a ser realizada durante o exercício (MD=8,53), sendo que, quando a ingestão foi realizada durante o período de recuperação os efeitos observados nos protocolos de TTE foram mais acentuados (MD=10,59) quando existiam períodos de recuperação mais longos (>8 horas), em comparação com os

protocolos com períodos de recuperação mais curtos (<8 horas), onde, inclusive, deixa de haver um efeito significativo. Observaram-se ainda melhorias nos TT (MD=-1,50), porém, quando os suplementos de HC com e sem PRO, ingeridos durante ou após o exercício, têm o mesmo valor energético, deixa de se observar um efeito significativo no desempenho ⁽⁴⁵⁾. Num ensaio mais recente de Liang et al. ⁽⁴⁶⁾, não houve diferenças significativas no rendimento em exercício aeróbio através de estratégias de suplementação de HC com PRO no momento antes do exercício (30 minutos), porém houve um efeito positivo em alguns marcadores de dano muscular, 24 horas após o exercício, como mioglobina (40.7 vs 64.3 ng/L) e CK (404.22 vs. 642.33 U/L). Relativamente à ressíntese de glicogénio muscular (RGM), Ivy et al. ⁽⁴⁷⁾, foram dos primeiros a testar a hipótese da relevância do momento de ingestão de HC pós-exercício na restauração dos níveis de glicogénio muscular (com administração de soluções de HC com e sem PRO, imediatamente após o exercício e 2 horas depois do seu término), sendo observado o efeito mais significativo no aumento das concentrações de glicogénio muscular (88.8 mmol/L) no grupo que ingeriu HC em conjunto com PRO em comparação com os restantes grupos (<75.5 mmol/L). Recentemente, uma meta-análise de Craven et al. ⁽⁴⁸⁾, analisou a efetividade da suplementação de HC com e sem PRO (ingestão fracionada ao longo das 4,5 horas pós-exercício) na taxa de RGM em curtos períodos de recuperação (<8 horas), nos quais 10 ensaios mostraram um aumento da taxa de RGM (23,5 mmol·kgdm⁻¹ por hora) com o consumo de HC em comparação com água, sendo que os restantes 19 ensaios não demonstraram melhorias com a adição de PRO.

4. Lípidos

A ingestão adequada de LIP desempenha um papel essencial nos hábitos alimentares dos atletas, contribuindo para a síntese hormonal, absorção de vitaminas lipossolúveis, mas também como substrato energético durante o exercício ^(49, 50). Porém, quando abordamos a ingestão em torno do exercício, estes benefícios não significam necessariamente um aumento do desempenho ⁽⁵¹⁾. Ao analisar as estratégias agudas para otimização do desempenho, alimentos ricos em LIP são preteridos numa ótica de diminuir o risco de problemas gastrointestinais (GI) durante o exercício ^(13, 52, 53), sendo a sua ingestão reportada como um dos fatores desencadeantes desse problema em provas de longa duração ^(52, 54, 55). Nesse sentido, poucos estudos analisam diretamente o impacto da ingestão de LIP no momento antes, durante e/ou após o exercício. Numa revisão sistemática de Champman-Lopez & Koh ⁽⁵⁶⁾, foi avaliada a efetividade da suplementação com óleo de triglicerídeos de cadeia média (MCT) antes e durante o exercício no desempenho em endurance, sendo que na maioria dos estudos não foram observadas melhorias. Para avaliar o impacto da ingestão de uma refeição rica em lípidos (HFM) (61% LIP) em comparação com uma refeição rica em hidratos de carbono (HCM), Okano et al ⁽⁵⁷⁾, colocaram 10 indivíduos a ingerir essas refeições 4 horas antes do exercício, seguido de exercício de endurance, não se verificando diferenças no desempenho. Murakami et al. ⁽⁵⁸⁾, analisaram os efeitos da ingestão de uma HFM (55% LIP) 4 horas antes do exercício em comparação com HCM. Nos dias prévios ao exercício foram seguidas dietas ricas em HC, sendo que os resultados de TTE no grupo HFM foi mais longo em comparação com o grupo HCM ⁽⁵⁸⁾. Na tentativa de perceber o impacto da ingestão de uma HFM (42% LIP),

3,5 horas antes do exercício de endurance na manutenção das reservas de glicogénio, Iwayama et al. ⁽⁵⁹⁾, mostraram uma diminuição da utilização do glicogénio hepático e muscular com a ingestão de HFM em comparação com HCM.

Discussão

A presente revisão reforça a importância do momento da ingestão dos nutrientes, em particular HC e PRO, na otimização do rendimento desportivo. Estes resultados alinham-se com os posicionamentos atuais da *International Society Of Sports Nutrition Position Stand* ⁽¹⁾, e da *Academy Of Nutrition And Dietetics , Dietitians Of Canada, And The American College Of Sports Medicine* ⁽¹⁵⁾. A ingestão de HC apresenta benefícios, sobretudo no desempenho de endurance e desportos intermitentes com duração entre 1 e 4 horas, através da manutenção das reservas de glicogénio e da redução da fadiga ^(17, 22, 26). A ingestão durante o exercício, mostra-se mais eficaz do que apenas no momento prévio, evidenciando a importância de um fornecimento contínuo de substratos energéticos ao longo do exercício ^(18-20, 22), assim como o grau de benefício parece ser dependente do tipo de exercício, do estado nutricional prévio e da individualidade fisiológica ⁽²²⁾. Em desportos intermitentes, o momento da ingestão durante o exercício pode ser limitado por questões logísticas e, em contextos desafiantes, como um elevado volume de provas, défice energético, jejum, ou treino em alta altitude, os HC afiguram-se como essenciais na manutenção do rendimento, antes e durante o exercício ⁽²³⁻²⁵⁾. No entanto, a adaptação individual de cada atleta às situações adversas deve ser considerada, assim como o consumo de HC, que pode mitigar os efeitos agudos da depleção energética, possivelmente pela mitigação da sensação de fadiga a curto prazo ⁽²⁴⁾. Em modalidades de força, a ingestão de HC imediatamente antes e/ou durante tem um papel mais relevante em treinos

prolongados (>45 min) ou após um período de jejum, possibilitando um aumento do volume de treino e da capacidade de recuperação, como sugerem as concentrações superiores de lactato e de glicose no momento pós-exercício ⁽²⁷⁾, assim como a manutenção das reservas de glicogénio muscular ⁽²⁸⁾, sendo que ingerir HC após depleção das reservas de glicogénio parece ser uma estratégia efetiva para um aumento da força/potência ⁽²⁹⁾. Relativamente à PRO, o efeito do momento da ingestão na hipertrofia e nos ganhos de força apresenta controvérsia, sendo a ingestão diária total de PRO um fator mais determinante para o ganho de hipertrofia e/ou força ^(36, 38, 39, 60). No entanto, a ingestão peri-exercício parece favorecer a recuperação muscular e a síntese proteica, principalmente quando a ingestão diária total de PRO é adequada ⁽⁴²⁾. A suplementação noturna com PRO parece ser promissora nos ganhos de massa magra e força muscular, o que pode estar relacionado com a maior disponibilidade de aminoácidos durante o sono, período crítico para a recuperação e adaptação muscular ⁽⁴¹⁾, contudo, o seu consumo isolado parece não impactar marcadores agudos de dano muscular ⁽⁴³⁾. A combinação de HC e PRO durante ou após o exercício pode ser benéfica, tanto para o desempenho imediato durante a prova, como em períodos de recuperação que apresentem durações superiores a 8 horas, com prova subsequente ⁽⁴⁵⁾, o que sugere uma estratégia mais eficaz para cenários de múltiplas sessões de exercício ou competições em dias consecutivos. Referir que, em protocolos isoenergéticos, a vantagem de adicionar PRO a HC parece ser menos evidente ^(44, 45), sugerindo que o valor energético total do suplemento é um fator determinante. Nesse sentido, a adição de PRO aos HC pode acelerar processos como a RGM e melhorar desempenhos subsequentes, porém não se mostrou superior à ingestão isolada de

HC ⁽⁴⁸⁾. No que diz respeito à diminuição do dano muscular, a junção de PRO e HC nos momentos antes da prática de exercício mostrou-se efetiva ⁽⁴⁶⁾. Não obstante a evidência ser limitada sobre o momento de ingestão de LIP, a literatura aponta para um aumento do desconforto GI com o seu consumo, corroborado através de relatos de atletas ⁽⁴⁸⁾, indo de encontro às recomendações para a moderação do consumo antes e/ou durante o exercício ^(1, 15). O momento da ingestão de LIP encontra-se maioritariamente associado a marcadores metabólicos e não diretamente ao desempenho ⁽⁶¹⁾, salvo raras exceções como a suplementação de MCT's, que não apresenta benefícios, ou a ingestão de HFM antes do exercício, que apontam para melhorias na endurance, mas sem efeitos consistentes no desempenho global ⁽⁵⁶⁻⁵⁹⁾. Apesar destas limitações e, embora a ingestão de LIP em momentos próximos ao exercício possa conduzir a desconfortos GI e retardar o esvaziamento gástrico ⁽⁶²⁾, futuras investigações devem explorar cenários controlados onde o consumo de LIP, em momentos estratégicos, possa contribuir para uma melhoria do desempenho, nomeadamente em exercícios de longa duração e/ou em indivíduos adaptados a dietas ricas em LIP ⁽⁶³⁾. Algumas limitações devem ser mencionadas, tais como: um maior risco de viés de seleção, dado que não foram aplicados critérios sistemáticos de inclusão/exclusão, assim como não foi realizada uma avaliação crítica formal da qualidade dos estudos. Uma limitação transversal à maioria dos trabalhos incluídos é a realização em ambientes controlados, o que limita a transposição direta para o contexto de competição, onde fatores como stress, temperatura, estado de hidratação e momento do dia em que o exercício é realizado, devem ser considerados ⁽⁶⁴⁾. O facto das amostras serem na esmagadora maioria das vezes constituídas por indivíduos do sexo masculino, limita a extrapolação direta dos resultados para

indivíduos do sexo feminino, devendo-se isso, por exemplo, a uma maior oxidação de gordura em esforços de intensidade relativa similar por parte das mulheres, quando comparadas a homens ⁽¹⁾, assim como uma maior capacidade de oxidação de HC por parte de atletas do sexo masculino ⁽⁶⁵⁾. Outras limitações nos trabalhos incluídos devem ser mencionadas como uma heterogeneidade das faixas etárias dos participantes, diferenças entre atletas de elite/atletas recreativos/indivíduos treinados, e amostras pequenas. Em síntese, apesar dos benefícios associados ao momento de ingestão de nutrientes, sobretudo HC e PRO, a sua eficácia depende do contexto, modalidade e objetivo do atleta ^(1, 15).

Conclusões

O momento da ingestão de nutrientes pode impactar de modo positivo o desempenho e a recuperação, especialmente em modalidades de maior duração ou intensidade. A ingestão de hidratos de carbono antes e durante o exercício apresenta benefícios consistentes, principalmente em desportos de endurance, enquanto o momento de ingestão de proteína, embora importante em diferentes aspetos, tem maior impacto quando a ingestão diária já se encontra adequada. A evidência sobre a ingestão de lípidos em torno do exercício é ainda limitada, mas sugere cautela relativamente à ingestão em momentos próximos ao exercício. Mais estudos são necessários para clarificar o impacto do tempo de ingestão de nutrientes em diversos contextos e com uma maior diversidade populacional. Assim, a integração estratégica do tempo de ingestão de nutrientes, devidamente adaptada à modalidade, intensidade e contexto do atleta, serve de complemento à ingestão adequada de nutrientes, com potencial para maximizar o rendimento desportivo.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais e irmãos. Com a sua forma única e intensa de ser, nunca deixaram que me faltasse o essencial: amor, proteção e estrutura. Obrigado por estarem presentes, mesmo quando as palavras não diziam tudo.

À Júlia, companheira de vida, pelo carinho genuíno, lealdade firme, frontalidade construtiva, compreensão doce e paciência inestimáveis. Obrigado pelo apoio incansável.

À Dr.^a Raquel, pela orientação atenta ao longo do processo. A sua orientação foi essencial para a concretização deste trabalho.

A todos os Professores da FCNAUP com os quais tive o privilégio de me cruzar ao longo destes anos. Sou grato pela exigência, pensamento crítico e conhecimentos partilhados.

À Professora Maria Antonieta Moraes, por ter acendido em mim a inquietação necessária para mudar de rumo. A sua visão e palavras foram determinantes para percorrer um caminho mais desafiante e verdadeiramente meu.

À Diana e à Sra. Lurdes, mãe e filha que me inspiram diariamente com a sua força serena e generosidade incansável. O meu mais profundo agradecimento por tudo o que fizeram ao longo deste trajeto. São uma referência de bondade e humanidade.

A todos os familiares, que de forma mais próxima ou discreta demonstraram preocupação, incentivaram e apoiaram ao longo destes anos. A vossa presença foi muitas vezes um abrigo silencioso, mas essencial.

Aos amigos que a distância física afastou, mas cujo afeto e presença emocional nunca deixaram de se fazer sentir. Em especial, à Odile e à Cátia, por demonstrarem uma amizade resiliente, atenta e profundamente leal. Obrigado por nunca deixarem de estar, mesmo quando não estavam.

Aos rapazes - António, Marco, Rúben e Rui - que entraram na minha vida em contextos distintos, mas que, com as suas personalidades ímpares e virtudes marcantes, tornaram este caminho mais leve, divertido e suportável nos momentos mais exigentes.

A todos, o meu mais profundo e emocionado obrigado.

Referências

1. Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, Stout JR, Campbell B, Wilborn CD, et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017; 14:33.
2. Cervone DT, Moreno-Justicia R, Quesada JP, Deshmukh AS. Mass spectrometry-based proteomics approaches to interrogate skeletal muscle adaptations to exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2024; 34(1):e14334.
3. Nishimura Y, Musa I, Holm L, Lai YC. Recent advances in measuring and understanding the regulation of exercise-mediated protein degradation in skeletal muscle. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2021; 321(2):C276-c87.
4. Arent SM, Cintineo HP, McFadden BA, Chandler AJ, Arent MA. Nutrient Timing: A Garage Door of Opportunity? *Nutrients.* 2020; 12(7)
5. Aragon AA, Schoenfeld BJ. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window? *J Int Soc Sports Nutr.* 2013; 10(1):5.
6. Jeukendrup AE. Periodized Nutrition for Athletes. *Sports Med.* 2017; 47(Suppl 1):51-63.
7. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med.* 2018; 52(7):439-55.
8. Díaz-Lara J, Reisman E, Botella J, Probert B, Burke LM, Bishop DJ, et al. Delaying post-exercise carbohydrate intake impairs next-day exercise capacity but not muscle glycogen or molecular responses. *Acta Physiol (Oxf).* 2024; 240(10):e14215.
9. Impey SG, Hearn MA, Hammond KM, Bartlett JD, Louis J, Close GL, et al. Fuel for the Work Required: A Theoretical Framework for Carbohydrate Periodization and the Glycogen Threshold Hypothesis. *Sports Med.* 2018; 48(5):1031-48.
10. Levenhagen DK, Gresham JD, Carlson MG, Maron DJ, Borel MJ, Flakoll PJ. Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2001; 280(6):E982-93.
11. Wismann J, Willoughby D. Gender differences in carbohydrate metabolism and carbohydrate loading. *J Int Soc Sports Nutr.* 2006; 3(1):28-34.
12. Cermak NM, Res PT, de Groot LC, Saris WH, van Loon LJ. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2012; 96(6):1454-64.
13. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci.* 2011; 29 Suppl 1:S17-27.
14. Hawley JA, Leckey JJ. Carbohydrate Dependence During Prolonged, Intense Endurance Exercise. *Sports Med.* 2015; 45 Suppl 1(Suppl 1):S5-12.
15. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet.* 2016; 116(3):501-28.
16. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018; 15(1):38.
17. Vandenbogaerde TJ, Hopkins WG. Effects of acute carbohydrate supplementation on endurance performance: a meta-analysis. *Sports Med.* 2011; 41(9):773-92.

18. Below PR, Mora-Rodríguez R, González-Alonso J, Coyle EF. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27(2):200-10.
19. Currell K, Jeukendrup AE. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(2):275-81.
20. Ali A, Yoo MJ, Moss C, Breier BH. Carbohydrate mouth rinsing has no effect on power output during cycling in a glycogen-reduced state. *J Int Soc Sports Nutr.* 2016; 13:19.
21. Jentjens RL, Cale C, Gutch C, Jeukendrup AE. Effects of pre-exercise ingestion of differing amounts of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 88(4-5):444-52.
22. Pöschmüller M, Schwingshackl L, Colombani PC, Hoffmann G. A systematic review and meta-analysis of carbohydrate benefits associated with randomized controlled competition-based performance trials. *J Int Soc Sports Nutr.* 2016; 13:27.
23. Learsi SK, Ghiarone T, Silva-Cavalcante MD, Andrade-Souza VA, Ataíde-Silva T, Bertuzzi R, et al. Cycling time trial performance is improved by carbohydrate ingestion during exercise regardless of a fed or fasted state. *Scand J Med Sci Sports.* 2019; 29(5):651-62.
24. Margolis LM, Allen JT, Murphy NE, Carrigan CT, Howard EE, Barney DE, et al. Carbohydrate supplementation maintains physical performance during short-term energy deficit despite reductions in exogenous glucose oxidation. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2025; 328(2):E242-e53.
25. Fulco CS, Kambis KW, Friedlander AL, Rock PB, Muza SR, Cymerman A. Carbohydrate supplementation improves time-trial cycle performance during energy deficit at 4,300-m altitude. *J Appl Physiol (1985).* 2005; 99(3):867-76.
26. Bourdas DI, Souglis A, Zacharakis ED, Geladas ND, Travlos AK. Meta-Analysis of Carbohydrate Solution Intake during Prolonged Exercise in Adults: From the Last 45+ Years' Perspective. *Nutrients.* 2021; 13(12)
27. King A, Helms E, Zinn C, Jukic I. The Ergogenic Effects of Acute Carbohydrate Feeding on Resistance Exercise Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2022; 52(11):2691-712.
28. Haff GG, Koch AJ, Potteiger JA, Kuphal KE, Magee LM, Green SB, et al. Carbohydrate supplementation attenuates muscle glycogen loss during acute bouts of resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000; 10(3):326-39.
29. Oliver JM, Almada AL, Van Eck LE, Shah M, Mitchell JB, Jones MT, et al. Ingestion of High Molecular Weight Carbohydrate Enhances Subsequent Repeated Maximal Power: A Randomized Controlled Trial. *PLoS One.* 2016; 11(9):e0163009.
30. Mizuno S, Kojima C, Goto K. Timing of carbohydrate ingestion did not affect inflammatory response and exercise performance during prolonged intermittent running. *Springerplus.* 2016; 5:506.
31. Vigh-Larsen JF, Kruse DZ, Moseholt MB, Hansen LGB, Christensen AL, Bæk A, et al. No Effects of Carbohydrate Ingestion on Muscle Metabolism or Performance During Short-Duration High-Intensity Intermittent Exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2024; 34(9):e14731.
32. Phillips SM, Van Loon LJ. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *J Sports Sci.* 2011; 29 Suppl 1:S29-38.

33. Kreider RB, Campbell B. Protein for exercise and recovery. *Phys Sportsmed.* 2009; 37(2):13-21.
34. Tipton KD. Nutritional Support for Exercise-Induced Injuries. *Sports Med.* 2015; 45 Suppl 1:S93-104.
35. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, et al. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr.* 2009; 89(1):161-8.
36. Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013; 10(1):53.
37. Cribb PJ, Hayes A. Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38(11):1918-25.
38. Hoffman JR, Ratamess NA, Tranchina CP, Rashti SL, Kang J, Faigenbaum AD. Effect of protein-supplement timing on strength, power, and body-composition changes in resistance-trained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009; 19(2):172-85.
39. Wirth J, Hillesheim E, Brennan L. The Role of Protein Intake and its Timing on Body Composition and Muscle Function in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Nutr.* 2020; 150(6):1443-60.
40. Areta JL, Burke LM, Ross ML, Camera DM, West DW, Broad EM, et al. Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J Physiol.* 2013; 591(9):2319-31.
41. Snijders T, Res PT, Smeets JS, van Vliet S, van Kranenburg J, Maase K, et al. Protein Ingestion before Sleep Increases Muscle Mass and Strength Gains during Prolonged Resistance-Type Exercise Training in Healthy Young Men. *J Nutr.* 2015; 145(6):1178-84.
42. Pearson AG, Hind K, Macnaughton LS. The impact of dietary protein supplementation on recovery from resistance exercise-induced muscle damage: A systematic review with meta-analysis. *Eur J Clin Nutr.* 2023; 77(8):767-83.
43. Ormsbee MJ, Saracino PG, Morrissey MC, Donaldson J, Rentería LI, McKune AJ. Pre-sleep protein supplementation after an acute bout of evening resistance exercise does not improve next day performance or recovery in resistance trained men. *J Int Soc Sports Nutr.* 2022; 19(1):164-78.
44. Stearns RL, Emmanuel H, Volek JS, Casa DJ. Effects of ingesting protein in combination with carbohydrate during exercise on endurance performance: a systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(8):2192-202.
45. Kloby Nielsen LL, Tandrup Lambert MN, Jeppesen PB. The Effect of Ingesting Carbohydrate and Proteins on Athletic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients.* 2020; 12(5)
46. Liang Y, Chen Y, Yang F, Jensen J, Gao R, Yi L, et al. Effects of carbohydrate and protein supplement strategies on endurance capacity and muscle damage of endurance runners: A double blind, controlled crossover trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2022; 19(1):623-37.
47. Ivy JL, Goforth HW, Jr., Damon BM, McCauley TR, Parsons EC, Price TB. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol* (1985). 2002; 93(4):1337-44.
48. Craven J, Desbrow B, Sabapathy S, Bellinger P, McCartney D, Irwin C. The Effect of Consuming Carbohydrate With and Without Protein on the Rate of Muscle Glycogen Re-synthesis During Short-Term Post-exercise Recovery: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open.* 2021; 7(1):9.

49. Stellingwerff T, Maughan RJ, Burke LM. Nutrition for power sports: middle-distance running, track cycling, rowing, canoeing/kayaking, and swimming. *J Sports Sci.* 2011; 29 Suppl 1:S79-89.
50. Wolfe RR. Fat metabolism in exercise. *Adv Exp Med Biol.* 1998; 441:147-56.
51. Ormsbee MJ, Bach CW, Baur DA. Pre-exercise nutrition: the role of macronutrients, modified starches and supplements on metabolism and endurance performance. *Nutrients.* 2014; 6(5):1782-808.
52. de Oliveira EP, Burini RC, Jeukendrup A. Gastrointestinal complaints during exercise: prevalence, etiology, and nutritional recommendations. *Sports Med.* 2014; 44 Suppl 1(Suppl 1):S79-85.
53. Coleman N. Gastrointestinal Issues in Athletes. *Curr Sports Med Rep.* 2019; 18(6):185-87.
54. Jeukendrup AE. Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *J Sports Sci.* 2011; 29 Suppl 1:S91-9.
55. Parnell JA, Wagner-Jones K, Madden RF, Erdman KA. Dietary restrictions in endurance runners to mitigate exercise-induced gastrointestinal symptoms. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020; 17(1):32.
56. Chapman-Lopez TJ, Koh Y. The Effects of Medium-Chain Triglyceride Oil Supplementation on Endurance Performance and Substrate Utilization in Healthy Populations: A Systematic Review. *J Obes Metab Syndr.* 2022; 31(3):217-29.
57. Okano G, Sato Y, Takumi Y, Sugawara M. Effect of 4h preexercise high carbohydrate and high fat meal ingestion on endurance performance and metabolism. *Int J Sports Med.* 1996; 17(7):530-4.
58. Murakami I, Sakuragi T, Uemura H, Menda H, Shindo M, Tanaka H. Significant effect of a pre-exercise high-fat meal after a 3-day high-carbohydrate diet on endurance performance. *Nutrients.* 2012; 4(7):625-37.
59. Iwayama K, Tanabe Y, Yajima K, Tanji F, Onishi T, Takahashi H. Preexercise High-Fat Meal Following Carbohydrate Loading Attenuates Glycogen Utilization During Endurance Exercise in Male Recreational Runners. *J Strength Cond Res.* 2023; 37(3):661-68.
60. Lak M, Bagheri R, Ghobadi H, Campbell B, Wong A, Shahrbafe A, et al. Timing matters? The effects of two different timing of high protein diets on body composition, muscular performance, and biochemical markers in resistance-trained males. *Front Nutr.* 2024; 11:1397090.
61. Zhang JQ, Thomas TR, Ball SD. Effect of exercise timing on postprandial lipemia and HDL cholesterol subfractions. *J Appl Physiol (1985).* 1998; 85(4):1516-22.
62. Jeukendrup AE, Saris WH, Wagenmakers AJ. Fat metabolism during exercise: a review--part III: effects of nutritional interventions. *Int J Sports Med.* 1998; 19(6):371-9.
63. Paoli A. The Influence of Physical Exercise, Ketogenic Diet, and Time-Restricted Eating on De Novo Lipogenesis: A Narrative Review. *Nutrients.* 2025; 17(4)
64. Guédet C, Tagougui S, Gauthier AC, Thivel D, Mathieu ME. The impact of exercise timing on energy intake: A systematic review and meta-analysis of diurnal and meal timing effects. *Appetite.* 2025; 204:107752.

65. Cano A, Ventura L, Martinez G, Cugusi L, Caria M, Deriu F, et al. Analysis of sex-based differences in energy substrate utilization during moderate-intensity aerobic exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2022; 122(1):29-70.

Apêndice

Figura 1. Fluxograma da metodologia de pesquisa



