

Estratégias e recomendações nutricionais de carboidratos para performance esportiva

Nutritional strategies and recommendations of carbohydrates for sports performance

Estrategias nutricionales y recomendaciones de carbohidratos para el rendimiento deportivo

Recebido: 06/06/2023 | Revisado: 15/06/2023 | Aceitado: 16/06/2023 | Publicado: 21/06/2023

Lyara Rios Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4102-1999>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: lyararios@sempreceub.com

Giovanni Rocha Campbell

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5110-639X>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: giovanni.campbell@sempreceub.com

Michele Ferro de Amorim Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0387-1509>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: micheleferro.ac@gmail.com

Resumo

É amplamente reconhecido que os carboidratos constituem a principal fonte de energia no âmbito da prática esportiva, e o desempenho está relacionado à disponibilidade desses substratos no organismo. Este estudo visa analisar as recomendações nutricionais e estratégias de consumo de carboidratos para otimizar a performance esportiva. A presente revisão bibliográfica examinou estudos experimentais sobre o efeito do consumo de carboidratos em diferentes modalidades esportivas no desempenho dos atletas. Os resultados mostram a importância do consumo de carboidratos para otimizar as reservas de glicogênio, reduzir a percepção de esforço e otimizar o desempenho. A ingestão estratégica de carboidratos antes, durante ou após o exercício pode aumentar a disponibilidade de glicogênio, retardar a fadiga e melhorar a resistência. A quantidade indicada depende da duração do exercício, sendo benéfica a ingestão prévia em atividades de curta duração e a suplementação durante o exercício em modalidades de longa duração. Em suma, a pesquisa reforça que a utilização estratégica de carboidratos desempenha um papel fundamental na otimização da performance esportiva. A ingestão estratégica de carboidratos pode conferir benefícios significativos propiciando um melhor aproveitamento das reservas de energia, postergando a fadiga e maximizando a capacidade de rendimento atlético.

Palavras-chave: Carboidratos; Suplementos nutricionais; Desempenho atlético; Glicogênio.

Abstract

It is widely recognized that carbohydrates are the main source of energy in sports, and performance is related to the availability of these substrates in the body. This study aims to analyze the nutritional recommendations and strategies for carbohydrate intake to optimize sport performance. The present literature review examined experimental studies on the effect of carbohydrate intake in different sports on athletes' performance. The results show the importance of carbohydrate intake to optimize glycogen stores, reduce perceived exertion, and optimize performance. Strategic carbohydrate intake before, during or after exercise can increase glycogen availability, delay fatigue and improve endurance. The amount indicated depends on the duration of the exercise, with pre-exercise intake being beneficial in short-duration activities and supplementation during exercise in longer-duration disciplines. In summary, the research reinforces that the strategic use of carbohydrates plays a key role in optimizing sports performance. Strategic carbohydrate intake can confer significant benefits by providing a better use of energy reserves, delaying fatigue, and maximizing athletic performance capacity.

Keywords: Carbohydrates; Dietary supplements; Athletic performance; Glycogen.

Resumen

Está ampliamente reconocido que los hidratos de carbono son la principal fuente de energía en el contexto de la práctica deportiva, y el rendimiento está relacionado con la disponibilidad de estos sustratos en el organismo. Este estudio pretende analizar las recomendaciones nutricionales y las estrategias de ingesta de carbohidratos para optimizar el rendimiento deportivo. La presente revisión bibliográfica examinó estudios experimentales sobre el efecto de la ingesta de carbohidratos en diferentes deportes sobre el rendimiento de los atletas. Los resultados muestran la importancia de la ingesta de carbohidratos para optimizar las reservas de glucógeno, reducir el esfuerzo percibido y optimizar el

rendimiento. La ingesta estratégica de carbohidratos antes, durante o después del ejercicio puede aumentar la disponibilidad de glucógeno, retrasar la fatiga y mejorar la resistencia. La cantidad indicada depende de la duración del ejercicio, siendo beneficiosa la ingestión previa en actividades de corta duración y la suplementación durante el ejercicio en modalidades de mayor duración. En resumen, la investigación refuerza que el uso estratégico de hidratos de carbono desempeña un papel clave en la optimización del rendimiento deportivo. La ingesta estratégica de carbohidratos puede conferir beneficios significativos al proporcionar un mejor uso de las reservas energéticas, retrasar la fatiga y maximizar la capacidad de rendimiento atlético.

Palabras clave: Carbohidratos; Suplementos dietéticos; Rendimiento atlético; Glucógeno.

1. Introdução

Há algumas décadas, acreditava-se que proteínas animais, como carnes e ovos, eram os componentes mais importantes na dieta de atletas. No entanto, atualmente, massas e cereais frequentemente compõem a maior parcela da dieta de atletas. Desde o início do século passado, já se tem conhecimento da relação desses alimentos, fontes ricas de carboidratos, com o desempenho no exercício físico. Com o avanço da ciência, hoje é possível traçar estratégias nutricionais específicas para cada atleta de acordo com sua rotina e gostos individuais, proporcionando não só maior rendimento, mas também facilidade na aderência à dieta e prazer. (Gomes et al., 2022).

O carboidrato é o combustível mais importante no exercício de alta intensidade e o glicogênio muscular, além do hepático, é a sua principal reserva e fornece a maior parte da energia para a contração. O tempo em que a alta intensidade desse exercício pode ser sustentada está relacionado ao tamanho das reservas de glicogênio muscular, que são depletadas durante o exercício. Portanto, na falta de uma reposição adequada, reservas reduzidas de glicogênio limitam a manutenção do desempenho nos exercícios de alta intensidade. (Jeukendrup & Gleeson, 2021; Baker et al., 2010).

Assim, a fim de maximizar o desempenho e manter a *performance* ao longo da prática de exercícios, é importante levar em conta a reposição dessas reservas entre as sessões de treinamento. A reposição do glicogênio ocorre com a sua síntese a partir dos carboidratos ingeridos na dieta. Esses carboidratos são direcionados não só para a síntese do glicogênio muscular, mas em parte para a síntese do glicogênio hepático que também é depletado durante o jejum e é responsável pelo suprimento energético do sistema nervoso central. (Adeva-andany et al., 2016; Beck et al., 2015; Burke et al., 2011).

Diferentes estratégias nutricionais podem ser adotadas, considerando a distribuição, quantidade e digestibilidade dos carboidratos, e sua adaptação à rotina dos praticantes pode influenciar de maneira diferente no resultado quanto à *performance*. (Trommelen et al., 2016; Fuchs et al., 2022; Namma-motonaga et al., 2022).

A adequação das recomendações nutricionais é essencial para permitir melhor adaptabilidade à rotina individual, promovendo melhora no desempenho, progressão e recuperação. (Knuiman et al., 2015).

Para atender às diferentes necessidades dos praticantes, é importante considerar os diferentes itinerários habituais, a frequência e o volume de treinamento, os horários em que a atividade é praticada e que refeições são feitas. Indivíduos com rotinas de sessões de treinamento seguidas por um curto intervalo de tempo podem se beneficiar da combinação de carboidratos simples de alto índice glicêmico (IG) que proporcionam rápida reposição de glicogênio. Outros com sessões mais espaçadas já podem se beneficiar mais de carboidratos de baixo IG que proporcionam maior estabilidade glicêmica e saciedade. Longas sessões de treinamento ainda podem ter maior rendimento com a ingestão de carboidratos fácil digestibilidade e absorção na forma líquida durante o exercício. (Jeukendrup, 2014).

Diante do exposto e considerando a relevância do tema, este estudo tem como objetivo investigar as recomendações nutricionais para a ingestão de carboidratos na dieta como estratégias para otimizar a *performance* esportiva.

2. Metodologia

A presente pesquisa trata-se de um estudo de revisão do tipo integrativa da literatura realizada utilizando estudos

relacionados ao tema sobre utilização de carboidratos na *performance* esportiva. A revisão integrativa da literatura é um método que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática, sendo eles qualitativos ou quantitativos, com o objetivo de contribuir para o conhecimento do assunto em questão (Souza et al, 2010).

Para essa revisão de literatura foram utilizados artigos do tipo científico publicados nos últimos dez anos. A busca foi realizada utilizando as bases de dados Medline e PubMed por meio dos seguintes descritores: Carbohydrate; glycogen; sports. Todos os termos estão cadastrados nos Descritores de Ciências da Saúde (Decs)/ Medical Subject Headings (MeSH).

A pesquisa utilizou artigos experimentais que foram analisados por meio de títulos, resumos e artigos na íntegra. As produções escolhidas abordaram quais são as melhores recomendações nutricionais de carboidratos para melhora da *performance* esportiva. Foram analisados aspectos como a composição, quantidade e distribuição dos carboidratos, bem como sua adaptação às rotinas individuais de treinamento. Como critérios de exclusão, estudos que se basearam em pesquisas realizadas com animais, estudos que não estavam alinhados com o objetivo principal da pesquisa, estudos que analisaram em conjunto com outros suplementos, estudos que não abordavam o consumo pré, durante e pós atividades físicas e estudos que não estavam disponíveis na íntegra foram excluídos.

Em seguida, empreendeu-se uma leitura minuciosa e crítica dos manuscritos para identificação dos núcleos de sentido de cada texto e posterior agrupamento de subtemas que sintetizam as produções.

3. Resultados e Discussão

No Quadro 1, a seguir, encontra-se a apresentação das informações dos artigos citados neste tópico.

Quadro 1 - Estudos experimentais acerca dos efeitos da utilização de carboidratos no desempenho esportivo.

Autor/Ano	Amostra	Objetivo	Resultados relevantes
ROWE <i>et al.</i> , 2022	11 atletas treinados (8 homens e 3 mulheres) com idade média de 28 anos A idade 23 a 35 anos	Investigar o efeito da suplementação de carboidratos na performance de corrida em atletas treinados durante exercícios prolongados e intensos	A suplementação com carboidratos (1,2 g/kg/h) melhorou o desempenho no teste de tempo de 5 km em comparação com o placebo durante a corrida de estado estável de 120 minutos a 68% do VO ₂ max.
VIRIBAY <i>et al.</i> , 2022	26 atletas do sexo masculino de elite com pelo menos 5 anos de experiência A idade 28,4 a 47,2 anos	investigar os efeitos da ingestão de 120 g/h de carboidratos durante uma maratona de montanha no dano muscular induzido pelo exercício em corredores de elite	A ingestão de 120 g/h de carboidratos reduziu os níveis séricos dos biomarcadores de dano muscular induzido pelo exercício comparado ao grupo placebo. Não foram observados efeitos adversos da ingestão de carboidratos.
WILBURN <i>et al.</i> , 2020	Dez homens saudáveis, treinados recreativamente em resistência A idade 19,3 a 23,8 anos	Investigar os efeitos da ingestão pré-exercício de maltodextrina no desempenho do exercício de resistência, bem como nas concentrações séricas de insulina, epinefrina, glicose e glicogênio muscular	A ingestão pré-exercício de maltodextrina não influenciou significativamente o desempenho do exercício de resistência ou as concentrações séricas de insulina, epinefrina, glicose e glicogênio muscular.
KING <i>et al.</i> , 2018	10 ciclistas do sexo masculino treinados A idade 22,8 a 38,6 anos	Avaliar o efeito da dose de carboidratos na oxidação do glicogênio hepático e muscular durante exercício prolongado	A dose ótima de carboidratos para maximizar a oxidação do glicogênio hepático e muscular é diferente para cada tipo de tecido. A taxa máxima de oxidação do glicogênio hepático foi com 2 g/min e do glicogênio muscular com 3 g/min.
KING <i>et al.</i> , 2019	11 ciclistas do sexo masculinos saudáveis e treinados A idade 23,8 a 36,8 anos	Investigar os efeitos da ingestão de soluções de glicose-frutose durante o exercício prolongado	A ingestão excessiva de carboidratos acima das taxas de saturação intestinal teve um impacto negativo no desempenho

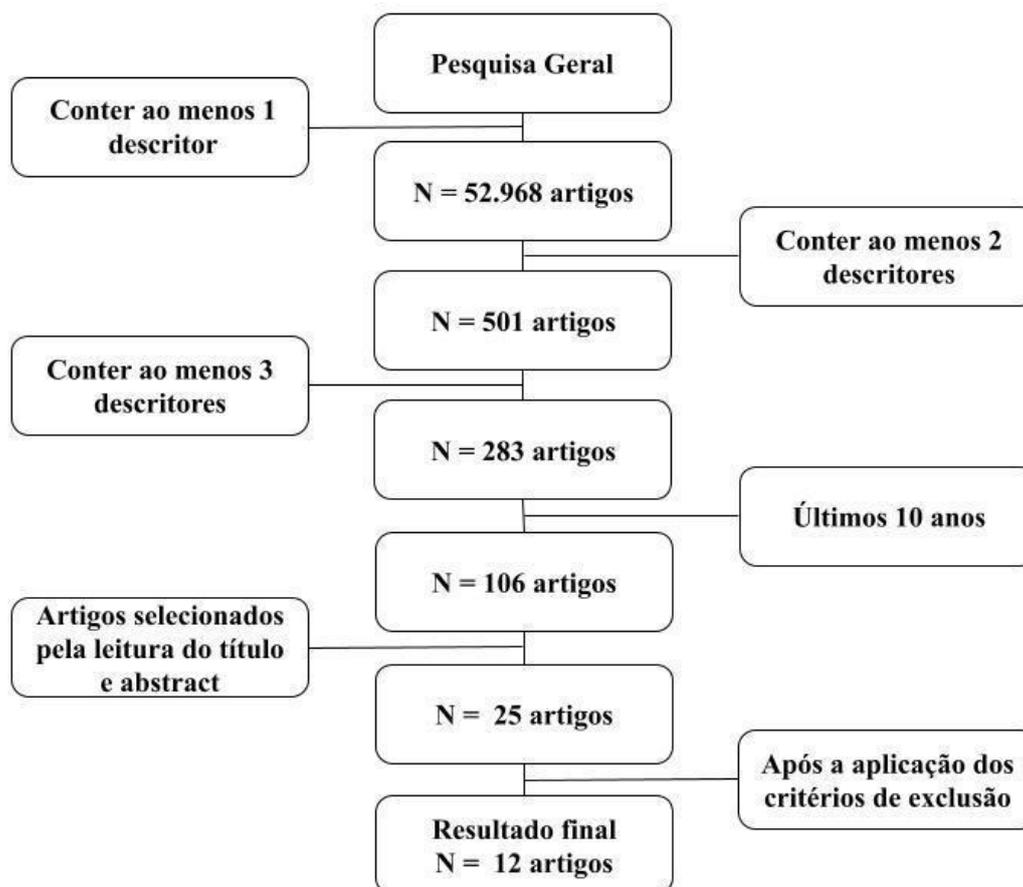
		em ciclistas treinados, avaliando a influência da dosagem de carboidratos na seleção de combustível endógeno e no desempenho subsequente	subsequente. Pequenas variações na dose de carboidratos parecem ter modificado a seleção de combustível endógeno, resultando em melhorias modestas no desempenho. A dosagem adequada e individualizada dos carboidratos pode ser importante para otimizar o desempenho em exercícios prolongados.
GONZALEZ <i>et al.</i> , 2015	14 ciclistas treinados A idade 24 a 27 anos	O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos da ingestão de glucose e sacarose na prevenção da depleção de glicogênio muscular e hepático durante o exercício prolongado em ciclistas treinados.	Tanto a glicose quanto a sacarose são eficazes na prevenção da depleção de glicogênio hepático durante exercícios prolongados de resistência. A sacarose promove uma maior utilização geral de carboidratos no corpo.
PODLOGAR <i>et al.</i> , 2022	8 ciclistas do sexo masculino treinados A idade 31 a 39 anos	Investigar se a adição de frutose a um café da manhã rico em carboidratos pode melhorar a capacidade de resistência dos ciclistas durante o exercício aeróbico subsequente	A adição de frutose melhorou significativamente a capacidade de resistência, e a combinação de frutose e carboidratos à base de glicose pode melhorar a capacidade de exercício aeróbico em atletas treinados.
KÖNIG <i>et al.</i> , 2016	20 atletas do sexo masculino A idade 26 a 32 anos	Analisar a influência da ingestão de isomaltulose versus maltodextrina na utilização de substratos durante o exercício e no desempenho subsequente	A ingestão de isomaltulose aumentou a oxidação lipídica durante o exercício inicial, mas não melhorou significativamente o desempenho no teste de tempo subsequente.
TROMMELEN <i>et al.</i> , 2016	14 ciclistas do sexo masculino A idade 22 a 34 anos	Avaliar se a coingestão de frutose ou sacarose com glucose aumentaria significativamente a repleção do glicogênio muscular pós-exercício em comparação com a ingestão apenas de glucose.	Coingestão de frutose ou sacarose com glucose não aumentou significativamente a depleção do glicogênio muscular pós-exercício. Benefícios observados quando múltiplos carboidratos transportáveis foram ingeridos juntos, resultando em menos problemas gastrointestinais.
MAUNDER <i>et al.</i> , 2018	8 (6 homens e 2 mulheres) corredores de resistência e triatletas saudáveis e treinados A idade 25 a 37 anos	Investigar se a coingestão de frutose-maltodextrina durante a recuperação de curto prazo do exercício prolongado exaustivo resultaria em uma capacidade de exercício subsequente superior em comparação com a ingestão isocalórica de glicose-maltodextrina	A coingestão de frutose-maltodextrina resultou em uma capacidade subsequente superior de exercício, maior oxidação de carboidratos e menor oxidação de gordura durante o exercício subsequente.
NAMMA-MOTONAGA <i>et al.</i> , 2020	8 atletas do sexo masculino universitários de resistência A idade 19 a 21 anos	Avaliar o efeito de diferentes quantidades de carboidratos na recuperação do glicogênio muscular após a depleção do glicogênio muscular	A ingestão de 5 g/kg de carboidratos por dia após o exercício não foi suficiente para a recuperação completa do glicogênio muscular em 24 horas. As dosagens mais altas de carboidratos (7 g/kg e 10 g/kg) mostraram uma recuperação mais eficaz do glicogênio muscular.
OLIVER <i>et al.</i> , 2016	16 homens saudáveis treinados em resistência A idade 20 a 26 anos	investigar se a ingestão de carboidratos de alto peso molecular poderia melhorar a potência máxima repetida em atletas fisicamente ativos	A ingestão da bebida contendo carboidrato de alto peso molecular melhorou significativamente a potência máxima repetida em comparação com o grupo controle que recebeu placebo. Os participantes que receberam a bebida contendo carboidrato relataram menor fadiga muscular durante os testes.

Fonte: Autores.

Foram selecionados 12 artigos para a presente revisão, seguindo critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de exclusão utilizados foram a presença de descritores como carbohydrate; glycogen; sports, uma limitação temporal de 10 anos, a análise do resumo e título dos artigos, e critérios adicionais de exclusão.

Na Figura 1, a seguir, encontra-se o fluxograma da sistematização da busca dos artigos participantes da presente pesquisa.

Figura 1 -Fluxograma do levantamento de dados realizados para a presente revisão. Brasília-DF, 2023.



Fonte: Autores.

3.1 Tipos de carboidratos, metabolização e sua utilização durante o exercício

Os exercícios realizados em esportes de *performance* física apresentam elevada demanda energética. Essa energia é suprida pelo aporte de carboidratos advindos da dieta, sendo assim é de fundamental importância o entendimento sobre os tipos de carboidratos, digestão, absorção e metabolismo desse nutriente para a compreensão das estratégias dietéticas e recomendações nutricionais a fim de otimizar a *performance* nessas atividades. (Jeukendrup & Gleeson, 2021).

Os principais carboidratos digeríveis advêm dos cereais, tubérculos, leguminosas, frutas e açúcares. Eles são classificados em polissacarídeos, oligossacarídeos, dissacarídeos ou monossacarídeos, de acordo com seu grau de polimerização, número e distinções entre as ligações glicosídicas que unem as moléculas de monossacarídeos que são as menores unidades das cadeias e não podem sofrer hidrólise, sendo eles a glicose, a frutose e a galactose, formando assim a estrutura química desses carboidratos. Como principal polissacarídeo temos o amido, que constitui principalmente os cereais e tubérculos, sendo formado pela união de cadeias de moléculas de glicose. As dextrinas são oligossacarídeos originados pela hidrólise do amido em cadeias

menores. Os dissacarídeos são os açúcares originados pela ligação entre a glicose com ela mesma, formando a maltose, ou com os outros monômeros – frutose e galactose – formando respectivamente a sacarose e a lactose. (Cozzolino & Cominetti, 2019).

A digestão dos carboidratos tem início na boca, onde a mastigação mistura à saliva com o alimento permitindo a ação da amilase salivar sobre os amidos quebrando as ligações de glicose e dividindo-os polissacarídeos de cadeia curta, dextrinas e maltose. Ao chegar no estômago, a digestão dos carboidratos é lentificada devido a inativação da amilase salivar sob o pH ácido estomacal, até que ocorra o esvaziamento gástrico e a chegada ao duodeno, onde o bicarbonato de sódio e a amilase pancreática, ambos presentes no suco pancreático, respectivamente neutralizam a acidez elevando o pH a um nível favorável à ação enzimática e retomam a digestão do amido quase que na sua totalidade em maltose. (Rosa, 2021).

Os dissacarídeos e pequenos oligossacarídeos têm sua digestão exclusivamente no intestino delgado superior, por via da ação das dissacaridasas que atuam de maneira específica em conformação com as unidades monossacarídeas constituintes – a lactase catalisa a quebra da lactose em glicose e galactose; a sacarase hidrolisa a sacarose obtendo glicose e frutose; a maltase e a isomaltase hidrolisam a maltose e a isomaltose em duas moléculas de glicose. A atividade dessas enzimas ocorre nas microvilosidades das células da mucosa intestinal, e não no lúmen intestinal. (Ross et al., 2016).

A absorção dos carboidratos pelo trato intestinal só ocorre após serem hidrolisados até as unidades de monossacarídeos constituintes no intestino delgado, para que então sejam absorvidos pelas células absorptivas da mucosa por mecanismos de transporte correspondentes na borda em escova. A glicose e a galactose são absorvidas por transporte ativo e difusão facilitada, enquanto a frutose é absorvida por difusão facilitada por meio do GLUT 5. Os monossacarídeos precisam então atravessar a membrana basolateral dos enterócitos para serem direcionados pela rede de capilares até a veia porta e levados ao fígado onde serão metabolizados de acordo com as necessidades do organismo. (Nelson & Cox, 2018).

A frutose e a galactose são tomadas e metabolizadas pelo fígado, mas apenas uma parcela da glicose é retida no órgão, com a maior parte sendo exportada para a circulação sistêmica. A galactose é amplamente convertida em glicose e armazenada como glicogênio, enquanto a frutose é catabolizada para suprir a demanda energética do fígado e seu excesso é convertido em triacilglicerol e distribuído para o tecido adiposo e músculos. A glicose retida pode ser utilizada como fonte de energia, armazenada como glicogênio hepático ou ainda liberada na corrente sanguínea, de onde ela pode ser captada pela musculatura esquelética por meio do transportador GLUT4 que é dependente de insulina. No músculo, a glicose pode ser armazenada na forma de glicogênio muscular ou utilizada para geração de energia. (Gropper et al., 2021).

Durante os exercícios de esforços de alta intensidade, o carboidrato é a principal fonte de energia e o glicogênio muscular é a fonte primária desse carboidrato utilizado. Isso se deve ao aumento no recrutamento das fibras musculares de contração rápida nesse tipo de atividade, que são especializadas no metabolismo glicolítico, e ao aumento dos níveis de epinefrina no sangue, que eleva a taxa de quebra do glicogênio muscular aumentando a disponibilidade de substrato para a glicólise e a produção de lactato. (Powers & Howley, 2017).

O índice glicêmico (IG) é uma medida que classifica os carboidratos de acordo com a rapidez com que eles elevam os níveis de açúcar no sangue após o consumo. Alimentos com alto IG são rapidamente digeridos e absorvidos, resultando em um aumento rápido e acentuado da glicemia, enquanto alimentos com baixo IG são digeridos e absorvidos mais lentamente, resultando em um aumento gradual e mais controlado da glicemia. Por sua vez, a carga glicêmica (CG) é uma medida que leva em consideração tanto o IG quanto a quantidade de carboidratos presentes em uma porção do alimento consumido. A CG é calculada multiplicando-se o IG do alimento pela quantidade de carboidratos presentes na porção e dividindo-se por 100. No contexto esportivo, o conhecimento sobre o IG e CG dos alimentos é valioso para otimizar a síntese de glicogênio muscular e melhorar o desempenho físico em geral nos esportes que utilizam o glicogênio como fonte de energia. "Índice glicêmico e carga glicêmica: aplicações na prática clínica e esportiva", (Jagim et al., 2023).

3.2 Recomendações de consumo de carboidratos para *performance* esportiva

A ISSN (International Society of Sports Nutrition, 2017) provê as seguintes recomendações de ingestão de carboidrato para indivíduos fisicamente ativos e atletas com relação a *performance* no exercício físico:

- Uma dieta rica em carboidratos com ingestão diária de 8-12g de carboidrato/kg maximiza os estoques de glicogênio endógeno. Altos volumes de exercício físico depletam consideravelmente esses estoques. Caso o tempo entre sessões de exercício em sequência seja curto (>4h) e uma rápida reposição de glicogênio seja requerida, as seguintes estratégias devem ser consideradas:
 - Uma realimentação agressiva com carboidratos (1,2g/kg/h) com preferência para fontes de carboidratos de alto (>70) índice glicêmico;
 - Adição de cafeína (3-8mg/kg);
 - Combinar carboidratos (0,8g/kg) com proteína (0,2-0,4g/kg/h)
- Sessões prolongadas (>60min) de exercícios de alta intensidade (>70%VO₂max) desafiam o suprimento de energia e a regulação de fluídos, portanto, carboidratos devem ser consumidos na faixa de ~30-60g de carboidrato/h em uma solução de carboidratos e eletrólitos na concentração de 6-8% (180-360ml de fluído) a cada 10-15min durante a sessão, particularmente naquelas que duram além de 70min. Quando a oferta de carboidratos não é adequada, a adição de proteína pode ajudar a melhorar o desempenho, melhorar o dano muscular, promover euglicemia e facilitar a ressíntese de glicogênio.
- A ingestão de carboidratos durante o treinamento resistido (e.g., 3-6 séries de 8-12 repetições máximas [RM] com múltiplos exercícios trabalhando todos os principais grupamentos musculares) demonstrou-se capaz de promover euglicemia e estoques mais elevados de glicogênio. Consumir carboidrato sozinho ou junto com proteína durante o exercício resistido aumenta os estoques de glicogênio muscular, melhora o dano muscular, e facilita maiores adaptações agudas e crônicas do treinamento.

O ACSM (American College of Sports Medicine, 2016) propõe os seguintes alvos de ingestão de carboidratos:

- De acordo com a intensidade da atividade física ou treinamento:
 - Baixa: 3-5g/kg/dia;
 - Moderado (1h/dia): 5-7g/kg/dia;
 - Intenso (1-3h/dia) de exercício: 6-10g/kg/dia de carboidratos.
 - Muito intenso (4-5h/dia): 8-12g/kg/dia de carboidratos.
- Durante a atividade física:
 - Duração inferior a 45 min: sem necessidade;
 - Exercício moderado/intenso com duração entre 45-75 min: pequenas quantidades/bochecho;
 - Exercício de endurance contínuo ou intermitente com duração entre 1-2,5h: 30-60g/h;
 - Exercício de ultraendurance com duração superior a 3h: até 90g/h.
- No período anterior a uma competição:
 - No dia anterior a competição com duração inferior a 90 min: 7-12g/kg nas 24 horas;
 - “Carga” de carboidrato 36-48 horas antes da competição (>90min): 10-12kg/dia
 - Recuperação para competições com menos de 8 h entre os eventos: 1-1,2g/kg/h nas primeiras 4 horas e depois retome as necessidades diárias;
 - Antes do exercício com duração superior a 60 min: 1-4g/kg nas 4h antes da atividade.

3.3 Estudos experimentais sobre os efeitos do consumo de carboidratos no âmbito esportivo

3.3.1 Efeitos do consumo de carboidratos durante o treino

Um estudo experimental realizado por Rowe et al. (2022) investigou o efeito da suplementação de carboidratos na *performance* de corrida em atletas treinados. O design experimental consistiu em três ensaios separados por sete dias, cada um composto por uma corrida de estado estável de 120 minutos a 68% do VO₂max, seguida por um teste de tempo de 5 km.

Durante a corrida de estado estável, os participantes receberam suplementação de carboidratos (1,2 g/kg/h) ou placebo. A dosagem utilizada foi bem tolerada pelos participantes. Os resultados demonstraram que a suplementação com carboidratos melhorou significativamente o desempenho no teste de tempo de 5 km em comparação com o placebo. (Rowe et al., 2022).

Conclui-se que a suplementação com carboidratos pode ser benéfica para melhorar o desempenho em atletas treinados durante exercícios prolongados e intensos, utilizando uma dosagem de 1,2 g/kg/h. (Rowe et al., 2022).

O estudo de Viribay et al. (2020) investigou os efeitos da ingestão de carboidratos durante uma maratona de montanha na lesão muscular induzida pelo exercício em corredores de elite. Vinte corredores de elite foram divididos aleatoriamente em três grupos, cada um recebendo diferentes dosagens de carboidratos durante a corrida. Os grupos consumiram 60 g/h, 90 g/h e 120 g/h de carboidratos, respectivamente, através de um gel contendo maltodextrina (glicose) e frutose.

Os resultados mostraram que a ingestão de carboidratos durante a maratona não teve efeito significativo na lesão muscular induzida pelo exercício em corredores de elite. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos em relação à dor muscular, marcadores bioquímicos ou desempenho atlético. (Viribay et al., 2020).

Concluiu-se que a dosagem mais alta (120 g/h) não apresentou benefícios adicionais em relação às dosagens mais baixas (60 g/h e 90 g/h) no que diz respeito à lesão muscular induzida pelo exercício em corredores de elite durante uma maratona de montanha. (Viribay et al., 2020).

Também, o estudo de Wilburn et al. (2020) examinou o efeito da suplementação aguda de maltodextrina durante o exercício resistido. O design experimental foi duplo-cego, cruzado e com medidas repetidas. Os participantes realizaram quatro séries até a falha em um leg press inclinado com 70% de 1-RM e 45 segundos de descanso, com ou sem maltodextrina pré-exercício (2g/kg) após um jejum de três horas.

Os resultados mostraram que a suplementação com maltodextrina não teve efeito significativo no desempenho do exercício resistido ou na concentração de glicogênio muscular. No entanto, a ingestão de maltodextrina aumentou significativamente os níveis séricos de insulina e glicose em comparação com o placebo. (Wilburn et al., 2020).

Concluiu-se que a suplementação pré-exercício com maltodextrina não afeta significativamente o desempenho do exercício resistido ou a concentração de glicogênio muscular. (Wilburn et al., 2020).

O estudo de King et al. (2018) teve como objetivo examinar o efeito da dosagem de carboidratos na oxidação do glicogênio hepático e muscular durante o exercício prolongado. Foram realizados dois experimentos com diferentes doses de carboidratos. Participaram do estudo 10 homens fisicamente ativos que realizaram dois testes de ciclismo em um ergômetro, com duração de 3 horas cada. Em um dos testes, os participantes receberam uma solução contendo 1,2 g/kg/hora de carboidratos durante o exercício, enquanto no outro teste receberam uma solução contendo 0,4 g/kg/hora de carboidratos.

Os resultados mostraram que a dose mais alta de carboidratos resultou em uma maior oxidação do glicogênio muscular e menor oxidação do glicogênio hepático em comparação com a dose mais baixa de carboidratos. Além disso, a ingestão de carboidratos durante o exercício prolongado melhorou o desempenho físico dos participantes. (King et al., 2018).

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que a ingestão de uma dose mais alta de carboidratos durante o exercício prolongado pode aumentar a oxidação do glicogênio muscular e melhorar o desempenho físico dos indivíduos. No entanto, é importante considerar as necessidades individuais e as preferências alimentares ao planejar a ingestão

de carboidratos durante o exercício. A dosagem de carboidrato utilizada no estudo foi de 1,2 g/kg/hora durante o exercício para a dose mais alta e 0,4 g/kg/hora para a dose mais baixa. (King et al., 2018).

O estudo de King et al. (2019) investigou se pequenas variações na dose de carboidratos ingeridos afetam a seleção de combustível durante o exercício prolongado. Os participantes completaram quatro ensaios experimentais, cada um separado por sete dias, consistindo em 180 minutos de ciclismo a 60% do VO₂max, seguido por um *time trial* (TT) autodirigido de 30 minutos.

Os resultados mostraram que pequenas alterações na dose de glicose-frutose ingerida modificam a seleção endógena de combustível em linha com melhorias pequenas, mas significativas no desempenho de potência em um TT autodirigido após três horas de ciclismo. Observou-se uma regulação positiva significativa e negativa da oxidação total, hepática e muscular do CHO durante duas horas de ciclismo prolongado quando a entrega exógena de CHO excedeu as taxas de absorção intestinal. Tal efeito "overdose" também parece diminuir o desempenho no final do exercício. A dosagem utilizada neste estudo foi baseada na taxa máxima teórica de absorção intestinal para glicose e frutose combinadas, com doses de 45 g/h, 90 g/h e 135 g/h. (King et al., 2019).

Concluiu-se que pequenas variações na dose de CHO ingerida afetam a seleção de combustível endógeno e o desempenho do exercício prolongado. Portanto, é importante considerar a dosagem adequada de carboidratos durante o exercício prolongado para otimizar o desempenho. (King et al., 2019).

Em outro estudo de González et al. (2015) investigou os efeitos da ingestão de glicose ou sacarose na depleção de glicogênio hepático e muscular durante exercícios prolongados em ciclistas treinados. O estudo foi realizado como um ensaio clínico randomizado, duplo-cego, crossover, com a participação de quatorze ciclistas treinados.

Durante os testes, os ciclistas completaram dois ciclos de três horas de exercício a 50% da potência máxima, enquanto ingeriam glicose ou sacarose a uma taxa de 1,7 g/min (102 g/h). Além disso, um terceiro teste de referência foi realizado por quatro ciclistas, nos quais apenas água foi consumida. A depleção de glicogênio muscular e hepático foi medida antes e após cada teste (González et al., 2015).

Os resultados mostraram que a ingestão de glicose ou sacarose durante o exercício prolongado pode prevenir a depleção de glicogênio hepático em ciclistas treinados, mas não afeta a depleção muscular. Além disso, não houve diferença significativa entre os efeitos da glicose e da sacarose na prevenção da depleção hepática. (González et al., 2015).

Concluiu-se que a ingestão de glicose ou sacarose pode ser benéfica para prevenir a depleção hepática durante o exercício prolongado em ciclistas treinados. No entanto, é importante ressaltar que mais pesquisas são necessárias para determinar se esses resultados podem ser generalizados para outros tipos de exercícios ou populações. (González et al., 2015).

Analisando os estudos experimentais mencionados, é possível observar algumas conclusões relevantes sobre o efeito do consumo de carboidratos durante o treinamento e sua relação com o desempenho físico. Em geral, os estudos destacam que a suplementação de carboidratos durante o exercício prolongado pode ser benéfica para melhorar o desempenho em atletas treinados. No entanto, existem algumas considerações importantes a serem feitas.

O estudo de Rowe et al. (2022) indica que a suplementação de carboidratos durante a corrida de estado estável resultou em um melhor desempenho no teste de tempo de 5 km. A dosagem utilizada foi de 1,2 g/kg/h e foi bem tolerada pelos participantes. Esses resultados apoiam as recomendações da ISSN, que sugerem uma realimentação agressiva com carboidratos (1,2 g/kg/h) em situações em que a reposição rápida de glicogênio é necessária.

Por outro lado, o estudo de Viribay et al. (2020) não encontrou diferenças significativas nos efeitos da ingestão de diferentes dosagens de carboidratos durante uma maratona de montanha em corredores de elite. Os grupos que consumiram 60 g/h, 90 g/h e 120 g/h de carboidratos não apresentaram diferenças em relação à lesão muscular induzida pelo exercício, dor muscular, marcadores bioquímicos ou desempenho atlético. Esses resultados sugerem que doses mais baixas de carboidratos (60

g/h e 90 g/h) podem ser suficientes para atender às demandas energéticas durante exercícios de longa duração em corredores de elite.

O estudo de Wilburn et al. (2020) investigou o efeito da suplementação pré-exercício com maltodextrina durante o exercício resistido e não encontrou efeitos significativos no desempenho do exercício ou na concentração de glicogênio muscular. No entanto, a ingestão de maltodextrina aumentou os níveis séricos de insulina e glicose em comparação com o placebo. Esses resultados sugerem que a suplementação aguda de maltodextrina pode ter um efeito limitado no desempenho do exercício resistido.

O estudo de King et al. (2018) investigou o efeito da dosagem de carboidratos na oxidação do glicogênio hepático e muscular durante o exercício prolongado. Os resultados mostraram que a dose mais alta de carboidratos resultou em uma maior oxidação do glicogênio muscular e menor oxidação do glicogênio hepático em comparação com a dose mais baixa. Além disso, a ingestão de carboidratos durante o exercício prolongado melhorou o desempenho físico dos participantes. Esses resultados estão alinhados com as recomendações da ISSN, que sugerem uma ingestão de carboidratos na faixa de 30-60 g/h durante exercícios de alta intensidade e duração superior a 60 minutos.

O estudo de King et al. (2019) investigou as variações na dose de carboidratos e seus efeitos sobre o metabolismo do glicogênio durante o exercício. Os resultados mostraram que a taxa de depleção de glicogênio muscular foi menor quando os participantes consumiram uma dose mais alta de carboidratos durante o exercício. Além disso, a suplementação de carboidratos durante o exercício prolongado resultou em uma maior taxa de ressíntese de glicogênio muscular durante o período de recuperação.

No geral, esses estudos sugerem que a suplementação de carboidratos durante o exercício prolongado pode ter benefícios no desempenho físico, especialmente em atividades de alta intensidade e duração superior a 60 minutos. A dosagem ideal de carboidratos pode variar dependendo do tipo de exercício, nível de condicionamento físico e individualidade de cada pessoa.

3.3.2 Efeitos do consumo de carboidratos no pré e pós-treino

Um estudo de Podlogar et al. (2022) teve como objetivo avaliar o efeito da adição de frutose a um café da manhã rico em carboidratos na capacidade de resistência ao exercício em ciclistas treinados. Foi realizado um ensaio clínico randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. Os participantes foram divididos em dois grupos: um grupo recebeu uma bebida contendo frutose e carboidratos à base de glicose, enquanto o outro grupo recebeu uma bebida contendo apenas carboidratos à base de glicose.

A metodologia incluiu a realização de testes de resistência ao exercício antes e depois do café da manhã, bem como a coleta de amostras de sangue para análise dos níveis de glicose no sangue, insulina e outros marcadores metabólicos. Os resultados mostraram que o grupo que recebeu a bebida contendo frutose apresentou uma melhora significativa na capacidade de resistência ao exercício em comparação com o grupo controle. (Podlogar et al., 2022).

Além disso, os níveis de glicogênio hepático e muscular foram maiores no grupo que recebeu a bebida contendo frutose. Concluiu-se que a adição de frutose a um café da manhã rico em carboidratos pode melhorar significativamente a capacidade de resistência ao exercício em ciclistas treinados. No entanto, são necessários mais estudos para determinar a dosagem ideal e os mecanismos subjacentes desse efeito. A dosagem utilizada neste estudo foi 1g/kg/hora durante 2 horas antes do teste de resistência ao exercício. (Podlogar et al., 2022).

Outro estudo conduzido por König et al. (2016) teve como objetivo investigar o efeito da ingestão de isomaltulose (Palatinose™) em comparação com maltodextrina na utilização de substratos durante o exercício de resistência e no desempenho

subsequente em um teste de tempo em ciclistas treinados. O estudo foi conduzido como um ensaio randomizado, duplo-cego e controlado.

Os participantes receberam 750 mL de uma bebida contendo 75 g de isomaltulose ou maltodextrina (10% do peso/volume) antes do exercício. Essa dosagem foi selecionada com base em estudos anteriores que indicavam que a ingestão de carboidratos na faixa de 1-1,2 g/kg/h é eficaz para melhorar o desempenho durante o exercício prolongado. (König et al., 2016).

Os resultados mostraram que a ingestão de isomaltulose antes do exercício aumentou significativamente a oxidação de gordura durante o exercício inicial em comparação com a maltodextrina. No entanto, essa diferença na utilização de substratos não resultou em uma melhoria significativa no desempenho durante o teste de tempo subsequente. (König et al., 2016).

Concluiu-se que a ingestão prévia de uma bebida contendo Palatinose™, um carboidrato de baixo índice glicêmico, resultou em uma resposta sustentada de glicose no sangue e manteve uma maior taxa de oxidação de gordura em comparação com a maltodextrina. Essas diferenças na utilização de substratos podem ter contribuído para uma menor dependência da oxidação de carboidratos e podem ter sido responsáveis pelas melhorias observadas no desempenho durante o teste subsequente de tempo. (König et al., 2016).

Trommelen et al. (2016) investigaram em outro estudo o efeito da coingestão de frutose com glucose na repleção do glicogênio muscular pós-exercício. O estudo utilizou um design experimental com 14 ciclistas masculinos que foram submetidos a três sessões de teste diferentes. Durante as sessões de teste, os sujeitos ingeriram quantidades específicas de glucose, frutose ou sacarose para avaliar o impacto da coingestão desses carboidratos na repleção do glicogênio muscular.

Os resultados mostraram que a coingestão de frutose ou sacarose com glucose não aumentou significativamente a repleção do glicogênio muscular pós-exercício em comparação com a ingestão apenas de glucose. No entanto, houve benefícios observados quando múltiplos carboidratos transportáveis foram ingeridos juntos. Além disso, houve menos problemas gastrointestinais relatados pelos sujeitos quando frutose ou sacarose foram coingeridos com glucose em comparação com a ingestão apenas de glucose. (Trommelen et al., 2016).

Concluiu-se que a coingestão de frutose e glucose não aumenta significativamente a reposição de glicogênio muscular pós-exercício, mas pode ajudar a reduzir os problemas gastrointestinais associados à ingestão de grandes quantidades de carboidratos após o exercício. A dosagem utilizada no estudo foi de 1,5 g/kg/hora para glucose, 0,3 g/kg/hora para frutose e 0,6 g/kg/hora para sacarose. (Trommelen et al., 2016).

O estudo de Maunder et al. (2018) adotou um design cruzado, randomizado e contrabalanceado para investigar os efeitos da coingestão de frutose-maltodextrina na capacidade subsequente de exercício. Participaram do estudo 12 homens fisicamente ativos que completaram dois ensaios experimentais após um teste máximo em esteira. Durante os ensaios experimentais, os participantes consumiram uma bebida contendo frutose-maltodextrina ou glucose-maltodextrina imediatamente após o exercício exaustivo prolongado.

Os resultados mostraram que a coingestão de frutose-maltodextrina durante a recuperação de curto prazo do exercício exaustivo prolongado resultou em uma capacidade subsequente superior de exercício em comparação com a ingestão isocalórica de glucose-maltodextrina. Além disso, a coingestão de frutose-maltodextrina resultou em maior oxidação de carboidratos e menor oxidação de gordura durante o exercício subsequente. (Maunder et al., 2018).

Concluiu-se que a coingestão de frutose-maltodextrina pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a capacidade subsequente de exercício em comparação com a ingestão isocalórica de glucose-maltodextrina. Esses resultados podem ter implicações importantes para atletas que buscam maximizar sua *performance* em exercícios repetidos. A dosagem utilizada no estudo foi de 0,8 g/kg/hora para ambos os grupos. (Maunder et al., 2018).

O estudo de Namma-Motonaga et al. (2022) teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes quantidades de carboidratos na recuperação do glicogênio muscular em atletas japoneses de endurance. Foi realizado um ensaio clínico randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. Os participantes foram divididos em três grupos que receberam diferentes quantidades de carboidratos (0,8 g/kg/hora, 1,2 g/kg/hora ou 1,6 g/kg/hora) ou um placebo durante as primeiras 24 horas após a depleção do glicogênio muscular.

Os resultados mostraram que a ingestão de carboidratos após a depleção do glicogênio muscular aumentou significativamente a recuperação do glicogênio muscular em comparação com o grupo placebo. Não houve diferenças significativas na recuperação do glicogênio muscular entre os três grupos que receberam diferentes quantidades de carboidratos. (Namma-Motonaga et al., 2022).

Concluiu-se que a ingestão de carboidratos após a depleção do glicogênio muscular é eficaz na recuperação do glicogênio muscular em atletas japoneses de endurance. Esses resultados podem ser úteis para atletas e treinadores que buscam otimizar a recuperação do glicogênio muscular após o exercício. (Namma-Motonaga et al., 2022).

O estudo realizado por Oliver et al. (2016) investigou os efeitos da ingestão de um carboidrato de alto peso molecular (HMW) em comparação com um carboidrato de baixo peso molecular (LMW) e placebo no desempenho subsequente de exercícios de resistência explosiva máxima repetida. O estudo foi conduzido como um ensaio clínico randomizado, duplo-cego e controlado por placebo.

Participaram do estudo dezesseis homens treinados em resistência. Os participantes realizaram um exercício de ciclismo para esgotar o glicogênio muscular antes de receberem uma solução de carboidratos LMW, HMW (10%) ou placebo (PLA). Após a ingestão da solução, os participantes realizaram cinco séries de dez repetições explosivas máximas de agachamento nas costas (75% de 1RM). A produção de energia durante o exercício foi medida e comparada entre os grupos. Amostras de sangue também foram coletadas para análise dos níveis plasmáticos de glicose e hormônios reguladores. (Oliver et al., 2016).

Os resultados mostraram que a ingestão da bebida contendo carboidrato de alto peso molecular melhorou significativamente a potência máxima repetida em comparação com o grupo controle que recebeu placebo. Além disso, os participantes que receberam a bebida contendo carboidrato relataram menor fadiga muscular durante os testes. (Oliver et al., 2016).

Concluiu-se que a ingestão de um carboidrato de alto peso molecular (HMW) após um exercício prolongado de resistência de alta intensidade resulta em melhorias significativas na velocidade de movimento e na produção de energia durante o subsequente exercício de resistência explosiva máxima repetida. A dosagem utilizada no estudo foi de 1,2 g por quilograma de peso corporal de solução de carboidratos LMW ou HMW (10%), administrada na forma de uma bebida após o exercício de depleção do glicogênio muscular. (Oliver et al., 2016).

Com base nos estudos mencionados, podemos fazer um paralelo com as recomendações de ingestão de carboidratos da ISSN e do ACSM. O estudo de Podlogar et al. (2022) demonstrou que a adição de frutose a um café da manhã rico em carboidratos pode melhorar a capacidade de resistência ao exercício em ciclistas treinados. Esses resultados apoiam a recomendação da ISSN de uma realimentação agressiva com carboidratos, preferencialmente fontes de alto índice glicêmico, em situações em que uma rápida reposição de glicogênio é necessária.

Em relação à ingestão pré-treino, o estudo de König et al. (2016) comparou a utilização de isomaltulose (carboidrato de baixo índice glicêmico) com maltodextrina (carboidrato de alto índice glicêmico) em ciclistas treinados. Embora a isomaltulose tenha aumentado a oxidação de gordura durante o exercício inicial, não houve melhora significativa no desempenho subsequente. Isso sugere que, para exercícios de resistência, a recomendação do ACSM de consumir carboidratos na faixa de 6-10g/kg/dia pode ser mais apropriada do que a ênfase na escolha de carboidratos de baixo índice glicêmico.

Quanto à recuperação pós-treino, os estudos de Trommelen et al. (2016), Maunder et al. (2018) e Namma-Motonaga et al. (2022) mostraram que a ingestão de carboidratos após o exercício é eficaz na recuperação do glicogênio muscular. A coingestão de frutose com glucose ou maltodextrina pode ajudar a reduzir problemas gastrointestinais e melhorar a capacidade subsequente de exercício, como sugerido pelo estudo de Maunder et al. (2018). Além disso, o estudo de Namma-Motonaga et al. (2022) indicou que a ingestão de diferentes quantidades de carboidratos não afetou significativamente a recuperação do glicogênio muscular, o que pode ser relevante para os atletas que buscam otimizar a recuperação.

Em resumo, esses estudos experimentais destacam a importância da ingestão de carboidratos para o desempenho esportivo. A realimentação agressiva com carboidratos, a escolha de fontes de alto índice glicêmico, a dosagem apropriada pré e pós-treino e a combinação de carboidratos com proteína podem ser estratégias benéficas. No entanto, é importante considerar as características individuais, tipo de exercício e objetivos específicos ao aplicar essas recomendações. Mais pesquisas são necessárias para determinar com precisão as dosagens ideais e os mecanismos subjacentes ao efeito dos carboidratos na *performance* esportiva.

4. Considerações Finais

Através da presente revisão de literatura, foi possível analisar diversos estudos experimentais investigando estratégias nutricionais de ingestão de carboidratos pré, pós ou durante o treinamento que forneceram conclusões relevantes para a área da nutrição esportiva.

Ao considerar os resultados dessas pesquisas, fica claro que a suplementação de carboidratos durante o exercício prolongado pode trazer benefícios significativos para melhorar o desempenho físico, principalmente em atividades de alta intensidade e duração superiores a 60 minutos. Os estudos mostraram que a ingestão adequada de carboidratos durante o treinamento pode resultar em maior ressíntese de glicogênio muscular, menor fadiga muscular, melhoria na velocidade de movimento e na produção de energia, além de reduzir a depleção de glicogênio hepático.

No entanto, é importante ressaltar que a dosagem ideal de carboidratos pode variar dependendo do tipo de exercício, nível de condicionamento físico e individualidade de cada pessoa. Além disso, a escolha da fonte de carboidratos também pode desempenhar um papel importante. Estudos indicam que a ênfase na escolha de carboidratos de baixo índice glicêmico pode não ser tão relevante para exercícios de resistência, sendo mais apropriado seguir as recomendações do ACSM.

No contexto da recuperação pós-treino, os estudos revisados mostraram que a ingestão de carboidratos é eficaz na recuperação do glicogênio muscular. A coingestão de frutose com glucose ou maltodextrina pode ser uma estratégia interessante para melhorar a capacidade subsequente de exercício. Portanto, é possível afirmar que a suplementação adequada de carboidratos desempenha um papel crucial na melhoria do desempenho esportivo. As estratégias de realimentação agressiva, escolha de fontes de alto índice glicêmico, dosagens apropriadas pré e pós-treino, e a combinação de carboidratos com proteína podem ser consideradas benéficas. No entanto, é fundamental levar em conta as características individuais dos atletas, o tipo de exercício realizado e os objetivos específicos ao aplicar essas recomendações.

É importante ressaltar que este estudo tem limitações e que ainda são necessárias mais pesquisas para determinar com precisão as dosagens ideais de carboidratos e os mecanismos subjacentes aos efeitos na *performance* esportiva. No entanto, as conclusões apresentadas nesta revisão de literatura fornecem uma base sólida para a compreensão da importância dos carboidratos na nutrição esportiva.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de estudos que investiguem a individualidade da resposta ao consumo de carboidratos durante o treinamento, considerando fatores como idade, sexo, composição corporal e perfil metabólico. Além disso, pesquisas que explorem a combinação de diferentes nutrientes, como carboidratos e proteínas, e sua influência na recuperação pós-treino e no desempenho físico podem fornecer insights adicionais para a nutrição esportiva. Essas abordagens

mais abrangentes podem contribuir para uma compreensão mais completa e personalizada do papel dos carboidratos na otimização do desempenho esportivo.

Em suma, este trabalho contribui para a área da nutrição esportiva ao fornecer *insights* valiosos sobre a influência do consumo de carboidratos durante o treinamento no desempenho físico. Os resultados destacam a importância de estratégias de suplementação adequadas e personalizadas, levando em consideração diversos fatores, para otimizar a *performance* esportiva. Com base nessas conclusões, profissionais da área da nutrição podem orientar atletas e indivíduos que buscam melhorar seu desempenho físico, fornecendo recomendações embasadas cientificamente.

Referências

- Adeva-Andany, M. M., González-Lucán, M., Donapetry-García, C., Fernández-Fernández, C., Ameneiros-Rodríguez, E., & Domínguez-Montero, A. (2016). Glycogen metabolism in humans. *BBA Clinical*, 5, 85–100.
- Baker, J. S., McCormick, M. C., & Robergs, R. A. (2010). Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2010, 905612.
- Beck, K., Thomson, J. S., Swift, R. J., & von Hurst, P. R. (2015). Role of nutrition in performance enhancement and postexercise recovery. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 259.
- Burke, L. M., Hawley, J. A., & Wong, S. H. S. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(Sup1), S17—S27.
- Cozzolino, S. M. F., & Cominetti, C. (2019). *Bases Bioquímicas e Fisiológicas da Nutrição: Nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença* (2nd ed.). São Paulo: Manole.
- Fuchs, C. J., Gonzalez, J. T., Beelen, M., Cermak, N. M., & Smith, F. E. (2016). Sucrose ingestion after exhaustive exercise accelerates liver, but not muscle glycogen repletion compared with glucose ingestion in trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 120(11), 1328-1334.
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725-741.
- Gejl, K. D., Thams, L. B., Hansen, M., Rokkedal-Lausch, T., Plomgaard, P., Nybo, L., Larsen, F. J., Cardinale, D. A., Jensen, K., Holmberg, H. C., Vissing, K., Ørtenblad, N. (2017). No superior adaptations to carbohydrate periodization in elite endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(12), 2486-2497.
- Gomes, D. A., Lopes, K. C. B. B., & Carvalho, L. M. F. d. (2022). Carboidratos na refeição pré-treino e sua relação com performance física e esportiva: Uma revisão integrativa. *Research, Society and Development*, 11(15), Artigo e295111537375.
- Gonzalez, J. T., Fuchs, C. J., Betts, J. A., & van Loon, L. J. C. (2015). Ingestion of glucose or sucrose prevents liver but not muscle glycogen depletion during prolonged endurance-type exercise in trained cyclists. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 309(12), E1032—E1039.
- Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P. (2021). *Advanced Nutrition and Human Metabolism* (8th ed.). Cengage Learning.
- Jagim, A. R., Heffernan, K. T., Zabriskie, H. A., Kerksick, C. M., Ward, E. D., & Arent, S. M. (2023). International society of sports nutrition position stand: Energy drinks and energy shots. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1).
- Jeukendrup, A. (2014). A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise. *Sports Medicine*, 44(Suppl 1), 25-33.
- Jeukendrup, A., & Gleeson, M. (2021). *Nutrição no esporte: Diretrizes nutricionais e bioquímica e fisiologia do exercício* (3ª ed.). Manole.
- King, J. A., McPherson, L. H., King, R. F. G. J., & Folland, J. P. (2018). Carbohydrate dose influences liver and muscle glycogen oxidation and performance during prolonged exercise. *Physiological Reports*, 6(1), e13555.
- King, J. A., Stensel, D. J., & Folland, J. P. (2019). Liver and muscle glycogen oxidation and performance with dose variation of glucose–fructose ingestion during prolonged (3 h) exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 119(5), 1157-1169.
- Knuiman, P., Hopkins, M., Mensink, M., & Cox, G. R. (2015). Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutrition & Metabolism*, 12(1).
- König, M., Bulik, S., Holz, A., Lancha Jr, A. H., Berg, A., & Müller, H. H. (2016). Substrate utilization and cycling performance following Palatinose™ ingestion: A randomized, double-blind, controlled trial. *Nutrients*, 8(7), 390.
- Maunder, E., Podlogar, T., & Wallis, G. A. (2018). Postexercise fructose–maltodextrin ingestion enhances subsequent endurance capacity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(5), 1039-1045.
- Namma-Motonaga, K., Kondo, E., Osawa, T., Shiose, K., Kamei, A., Taguchi, M., & Takahashi, H. (2022). Effect of different carbohydrate intakes within 24 hours after 5-glycogen depletion on muscle glycogen recovery in Japanese endurance athletes. *Nutrients*, 14(7), 1320.
- Namma-Motonaga, K., et al. (2022). Effect of Different Carbohydrate Intakes within 24 Hours after Glycogen Depletion on Muscle Glycogen Recovery in Japanese Endurance Athletes. *Nutrients*, 14(7), 1320.

Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2018). *Princípios de Bioquímica de Lehninger* (7a ed.). Artmed.

Oliver, J., et al. (2016). Ingestion of high molecular weight carbohydrate enhances subsequent repeated maximal power: A randomized controlled trial. *PLOS ONE*, 11(9), e0163009.

Podlogar, T., Einarson, S., Nuccio, R. P., et al. (2022). Addition of fructose to a carbohydrate-rich breakfast improves cycling endurance capacity in trained cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 32(5), 466-472.

Powers, S. K., & Howley, E. T. (2017). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance* (10th ed.). Wolters Kluwer.

Rosa, G. (2021). *Alimentos, Nutrição e Dietoterapia - Perguntas e Respostas*. Manole.

Rowe, R., Sanchez-Lopez, C. R., Wylie, L. J., et al. (2021). Glucose and fructose hydrogel enhances running performance, exogenous carbohydrate oxidation, and gastrointestinal tolerance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(4), 801-809.

Ross, A. C., Caballero, B., Cousins, R. J., Tucker, K. J., & Ziegler, T. R. (2016). *Nutrição Moderna de Shils na Saúde e na Doença* (11ª ed.). São Paulo: Manole.

Rosset, R., Lecoq, A.-M., Villette, S., & Francaux, M. (2017). Postexercise repletion of muscle energy stores with fructose or glucose in mixed meals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 105(3), 609-617.

Souza, M. T. d., Silva, M. D. d., & Carvalho, R. D. (2010). Integrative review: What is it? How to do it? *Einstein (São Paulo)*, 8(1), 102-106.

Trommelen, J., Beelen, M., Pinckaers, P., Senden, J., Cermak, N., & van Loon, L. (2016). Fructose coingestion does not accelerate postexercise muscle glycogen repletion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(5), 907-912.

Viribay, A., Lacambra, I., Hervás, D., Esquivel, J., & Chaverri, D. (2020). Effects of 120 g/h of carbohydrates intake during a mountain marathon on exercise-induced muscle damage in elite runners. *Nutrients*, 12(5), 1367.

Wilburn, D. T., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Taylor, L. W., Harvey, T. M., & Roberts, M. D. (2020). Acute maltodextrin supplementation during resistance exercise. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(2), 282.