

Julio Tirapegui

Nutrição,
Metabolismo e
Suplementação na
Atividade Física

3ª Edição

 Atheneu





SAL
SERVIÇO DE ATENDIMENTO
AO LEITOR
Tel.: 08000267753

www.atheneu.com.br



(21) 99165-6738 [Facebook.com/editoraatheneu](https://www.facebook.com/editoraatheneu) [Twitter.com/editoraatheneu](https://twitter.com/editoraatheneu) [Youtube.com/atheneueditora](https://www.youtube.com/atheneueditora)

Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física

3ª Edição

Julio Tirapegui



Rio de Janeiro • São Paulo

2021

EDITORA ATHENEU

São Paulo — Rua Avanhandava, 126 – 8º andar
Tel.: (11)2858-8750
E-mail: atheneu@atheneu.com.br

Rio de Janeiro — Rua Bambina, 74
Tel.: (21)3094-1295
E-mail: atheneu@atheneu.com.br

PRODUÇÃO EDITORIAL/CAPA: Equipe Atheneu

DIAGRAMAÇÃO: Know-How Editorial

**CIP-BRASIL. Catalogação na Publicação
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ**

T512n
3. ed.

Tirapegui, Julio

Nutrição, metabolismo e suplementação na atividade física / Julio
Tirapegui. – 3. ed. – Rio de Janeiro : Atheneu, 2021.

Inclui bibliografia e índice
ISBN 978-85-388-1079-7

1. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos. 2. Atletas – Nutrição. I. Título.

20-63357

CDD: 613.71

CDU: 613.71

Leandra Felix da Cruz Candido – Bibliotecária – CRB-7/6135

05/03/2021

12/03/2021

TIRAPEGUI, J.

Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física – 3ª edição

© Direitos reservados à EDITORA ATHENEU – Rio de Janeiro, São Paulo, 2021.



Editor

Julio Tirapegui

Professor-Associado do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCF) da Universidade de São Paulo (USP). Bioquímico pela Universidade do Chile, Mestre em Fisiologia da Nutrição, Doutor em Ciências e Professor Livre-Docente pela USP. Pós-Doutorado (*Research Fellow*) na Human Nutrition Research Unit at the London School of Hygiene and Tropical Medicine in the University of London, Inglaterra.

Coordenador da disciplina de Pós-Graduação Nutrição e Atividade Física na FCF/USP, foi Orientador, Coordenador e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa Interunidades em Nutrição Humana Aplicada, por um período de oito anos. Pesquisador e Bolsista de Produtividade em Pesquisa nível 1A do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por um período de 10 anos e nível 1B por um período de 22 anos. Além disso, consultor científico de instituições públicas e privadas. Participou em mais de 150 eventos científicos nos cinco continentes (América, Europa, África, Ásia e Oceania). Foi bolsista de Mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e obteve em total 43 Auxílios a Pesquisa e Bolsas dessa Fundação para os seus orientados da pós-graduação. Formou como orientador 20 Doutores e 37 Mestres na pós-graduação da USP. Aprovou três concursos para Professor Titular na USP.

Publicou em total mais 300 trabalhos científicos e capítulos de livros. Autor dos livros *Nutrição: fundamentos e aspectos atuais*, 3ª edição (2013) e *Fisiologia da nutrição humana: aspectos básicos, aplicados e funcionais* (2007); *Nutrição: coma bem e viva melhor* (1999) e *Avaliação nutricional: teoria e prática*, 2ª edição (2018).



Colaboradores

Amanda Ferraz Braz

Nutricionista. Mestre em Alimentos e Nutrição pela Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Ana Paula de Oliveira Barbosa Nunes

Professora de Educação Física. Doutora pela Universidade de São Paulo (USP).

Andrea Bonvini

Nutricionista. Doutora pela Universidade de São Paulo (USP).

Angelo Rafael Carpinelli

Médico. Professor Titular do Departamento de Fisiologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP).

Audrey Yule Coqueiro

Nutricionista. Doutora pela Universidade de São Paulo (USP).

Camila Maria de Melo

Nutricionista. Doutora pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

Carlos Bandeira de Mello Monteiro

Fisioterapeuta e Professor de Educação Física. Professor Doutor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Carolina Dizioli Rodrigues de Oliveira

Farmacêutica-bioquímica. Doutora pela Universidade de São Paulo (USP).

Christianne de Faria Coelho Ravagnani

Professora de Educação Física e Nutricionista. Professora-Associada da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

Eduardo Rebelato Lopes de Oliveira

Professor de Educação Física. Professor Adjunto da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

Emídio Marques de Matos-Neto

Professor de Educação Física. Professor Adjunto da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Fernanda Baeza Scagliusi

Nutricionista. Professora Doutora da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP).

Fernanda Maria Manzini Ramos

Nutricionista. Doutoranda pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara (FCFar/Araraquara).

Francisco Leonardo Torres-Leal

Professor de Educação Física. Professor Doutor da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Irislene Costa Pereira

Nutricionista. Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Isadora Clivatti Furigo

Graduada em Ciências Fundamentais para a Saúde. Doutora pela Universidade de São Paulo (USP).

Jonas Alves de Araujo Junior

Professor de Educação Física. Doutor pela Universidade Estadual Paulista (Unesp).

José Donato Júnior

Professor de Educação Física. Professor-Associado do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP).

Lisete Compagno Michelini

Biomédica. Professora Titular do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP).

Lucas Carminatti Pantaleão

Nutricionista. Doutor pela Universidade de São Paulo (USP).

Luciana Rossi

Nutricionista. Doutora pela Universidade de São Paulo (USP).

Marcelo Macedo Rogero

Nutricionista. Professor-Associado da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP).

Mariana de Rezende Gomes

Nutricionista. Doutora pela Universidade de São Paulo (USP).

Maurício Yonamine

Farmacêutico-Bioquímico. Professor-Associado da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP).

Nelson Nardo Junior

Professor de Educação Física. Professor Doutor da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Newton Nunes

Professor de Educação Física. Doutor pela Universidade de São Paulo (USP).

Patrícia Lopes de Campos-Ferraz

Nutricionista. Doutora pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Raquel Raizel

Nutricionista. Doutora pela Universidade de São Paulo (USP).

Regina Célia da Silva

Nutricionista. Mestre pela Universidade de São Paulo (USP).

Regina Urasaki

Professora de Educação Física. Mestre em Educação Física pela Universidade São Judas Tadeu.

Renata Rebello Mendes

Nutricionista. Professora Adjunta da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Rodrigo Branco Ferraz

Professor de Educação Física. Mestre pela Universidade de São Paulo (USP).

Rogério Graça Pedrosa

Nutricionista. Professor Doutor da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes).

Rui Curi

Farmacêutico-Bioquímico. Professor Titular do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP).

Sandra Lia do Amaral

Professora de Educação Física. Professora-Associada da Universidade Estadual Paulista (Unesp).

Sandra Maria Lima Ribeiro

Nutricionista. Professora-Associada da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Sandro Massao Hirabara

Professor de Educação Física. Professor Doutor do Instituto de Ciências da Atividade Física e do Esporte, Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL).

Tania Cristina Pithon-Curi

Professora de Educação Física. Professora Titular do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL).

Thais Borges Cesar

Bióloga. Professora Adjunta da Universidade Estadual Paulista (Unesp).

Thomas Prates Ong

Farmacêutico-Bioquímico. Professor-Associado da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP).



Dedicatórias

A Silvia, pelo carinho e paciência.

*A mis padres,
Aladino e Lúdia (in memoriam),
mis mayores incentivadores, que con cariño y desde la distancia
acompañaron siempre todas mis actividades de estudio y perfeccionamiento
profesional y que con su ejemplo me enseñaron que solo el trabajo
permanente y dedicado, la honestidad y la transparencia en todas
las actividades son requisitos fundamentales para triunfar en la vida.*



Agradecimentos

Durante a elaboração desta terceira edição houve a colaboração de várias pessoas e instituições, a quem expressamos novamente o nosso agradecimento. Gostaríamos de destacar, primeiramente, os colegas e colaboradores que são os autores, coautores e responsáveis pelos capítulos. A grande maioria é formada por nossos ex-orientados – alunos de pós-graduação de mestrado e doutorado que, com muita dedicação e determinação, cumpriram de forma brilhante a tarefa que lhes confiamos. O nosso muito obrigado a cada um deles. Um especial agradecimento aos colegas Audrey Yule Coqueiro, Raquel Raizel e Andrea Bonvini, pela valiosa colaboração e por estarem sempre à disposição para ajudar no que fosse necessário. Aos nossos alunos de graduação e pós-graduação da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, que de maneira permanente e anônima nos estimulam ao constante aperfeiçoamento no cumprimento de nossa função de pesquisador e educador.

Dentre as instituições, não poderíamos deixar de assinalar novamente a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) do Ministério da Educação, e a Universidade de São Paulo, por intermédio da Comissão de Cooperação Internacional (CCInt) e da Pró-Reitoria de Pós-Graduação. Às quatro instituições, o nosso sincero agradecimento pelo apoio prestado durante todos esses anos – por meio de auxílios à pesquisa, bolsas de estudos e auxílios para viagem ao exterior, a fim de apresentar nossos resultados –, e por terem sempre acreditado em nosso trabalho.

Finalmente, agradecemos novamente à Editora Atheneu e a sua equipe, na pessoa do seu Diretor-Médico, Doutor Paulo da Costa Rzezinski, e da Sra. Vanessa Lavrador, Assessora da Diretoria dessa Editora, pela parceria neste projeto e pelo interesse e atenção demonstrados pelo nosso trabalho.

Julio Tirapegui
Professor-Associado

Apresentação da Terceira Edição

A elaboração da terceira edição de *Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física* foi uma tarefa bastante desafiadora, considerando, que ao longo dos sete anos que separaram o lançamento da segunda e da terceira edição do livro (de 2012 a 2019), surgiram diversas informações sobre Nutrição e Exercício Físico. O avanço da ciência permitiu a proliferação de experimentos científicos, os quais foram realizados com equipamentos e tecnologias ultrassofisticadas, resultando em inúmeras descobertas na área da Nutrição Esportiva. Nesse cenário, compilar todos esses dados e incluí-los, de forma didática, na terceira edição do livro demandou um trabalho árduo, porém acreditamos que o resultado final foi satisfatório. Tal como nas edições anteriores, o nosso objetivo consistiu em fornecer informações atualizadas sobre o campo da nutrição aplicada à atividade física, incluindo temas emergentes e atuais que têm provocado controvérsias e discussões na sociedade e na academia, como as recomendações nutricionais para atletas nos diferentes ciclos da vida, o consumo de dietas vegetarianas para atletas e a eficácia de suplementos nutricionais recentemente aplicados no âmbito esportivo, como beta-alanina e probióticos. Logo, esta edição sofreu uma extensa revisão, sendo as principais alterações:

1. Todos os capítulos foram atualizados de acordo com as evidências científicas recentemente publicadas em artigos de revistas especializadas. Os capítulos incluem tanto aspectos bioquímicos e moleculares como considerações referentes à aplicação prática, explicando desde os mecanismos de ação até o contexto em que as intervenções, como os suplementos nutricionais, devem ser aplicadas.
2. Novas figuras e tabelas foram inseridas em cada capítulo com a finalidade de melhorar a compreensão do leitor, especialmente dos estudantes que se iniciam nesta área.
3. Foram acrescentados seis novos capítulos, elaborados por pós-graduandos e docentes da Universidade de São Paulo (USP) e de outras instituições de renome. Estes seis novos capítulos são:

Capítulo 10 – Recomendações Nutricionais para Atletas nos Diferentes Ciclos da Vida.

É bem esclarecida na literatura a importância da nutrição para a saúde e o desempenho físico de atletas. Órgãos renomados, como o American College of Sports Medicine (ACSM), elaboraram diversas recomendações nutricionais para atletas adultos, as quais foram discutidas em vários capítulos deste livro. Entretanto, as recomendações nutricionais para crianças, adolescentes e idosos engajados em exercícios físicos são menos abordadas na literatura, e os dados apresentados até o momento são conflitantes. Recentemente, estudos sugeriram que a recomendação nutricional para alguns grupos populacionais, como idosos, não atende a todas as necessidades fisiológicas, fato que poderia favorecer o desenvolvimento de doenças, como a sarcopenia, no caso do consumo insuficiente de proteínas. Logo, a ingestão inadequada de nutrientes poderia resultar em diversos agravos à saúde em determinados ciclos da vida, como durante o crescimento e o envelhecimento, principalmente de indivíduos praticantes de exercício físico. Desse modo, neste capítulo serão apresentadas informações recentes acerca das recomendações nutricionais para crianças, adolescentes e idosos fisicamente ativos.

Capítulo 18 – Beta-Alanina e Atividade Física. Atualmente, a beta-alanina é um dos suplementos mais utilizados no âmbito esportivo, em formulações administradas antes, durante e/ou após o exercício físico. Apesar de diversos efeitos ergogênicos serem atribuídos a esse aminoácido, estudos indicam que os indivíduos respondem de forma diferente à suplementação com beta-alanina. Nesse contexto, características individuais, como sexo e idade, bem como características do exercício físico praticado (tipo, intensidade e duração), poderiam influenciar

o efeito ergogênico da beta-alanina, indicando que há uma população específica que seria mais beneficiada com essa intervenção. Este capítulo objetiva sintetizar o conhecimento disponível acerca do papel da suplementação com beta-alanina no exercício físico, especialmente no que tange ao seu potencial ergogênico, incluindo dados recentemente publicados sobre essa estratégia nutricional.

Capítulo 19 – Probióticos, Prebióticos, Simbióticos e Atividade Física. Os probióticos, prebióticos e simbióticos apresentam diversas alegações de saúde, dentre elas: melhora da composição da microbiota intestinal, promovendo a saúde do intestino, e melhora da atividade do sistema imune, podendo reduzir o risco do desenvolvimento de doenças infecciosas, como infecções do trato respiratório superior – doenças comuns em atletas de alto nível. Nesse cenário, estudos recentes têm investigado o efeito ergogênico da suplementação com probióticos, prebióticos e/ou simbióticos para atletas ou indivíduos fisicamente ativos. Logo, o objetivo deste capítulo é discutir, com base em evidências científicas recentemente publicadas, o papel dessas intervenções na saúde e no exercício físico, especialmente em relação ao seu possível efeito ergogênico.

Capítulo 22 – Fisiologia do Exercício na Avaliação Física e Prescrição do Treinamento. Este capítulo objetiva abordar temas de suma importância na área da Fisiologia do Exercício, como ajustes ventilatórios e cardiovasculares no exercício físico, avaliação cardiopulmonar, avaliação metabólica e limiares ventilatórios de atletas e indivíduos fisicamente ativos, entre outros. Espera-se que, com a leitura deste capítulo, o leitor compreenda os testes aplicados para atletas, que permitem a elaboração da prescrição do treinamento. Além disso, é esperado que os leitores possam discernir que os diferentes protocolos de treino requerem alterações dietéticas, as quais favorecerão o desempenho físico e a saúde dos atletas ou praticantes de atividade física.

Capítulo 30 – Dieta Vegetariana e Atividade Física. A adoção de um padrão alimentar vegetariano tem sido foco de discussão e interesse no âmbito da saúde pública, uma vez que evidências indicam potenciais benefícios dessa dieta na prevenção de doenças, como doenças cardiovasculares, câncer, obesidade e diabetes *mellitus*. Entretanto, a dieta vegetariana exige cauteloso planejamento para adequar-se às diferentes fases do ciclo de vida, principalmente na infância, gestação e lactação, assim como deve suprir as demandas nutricionais de indivíduos fisicamente ativos, como atletas e esportistas. Embora uma dieta vegetariana possa ser nutricionalmente adequada, evidências científicas relacionando o vegetarianismo e o desempenho atlético em longo prazo ainda são escassas. Nesse sentido, o objetivo deste capítulo é abordar os principais aspectos relacionados às dietas vegetarianas e sua aplicação no contexto esportivo.

Capítulo 33 – Bebidas Esportivas e Energéticas: Considerações na Atividade Física. As bebidas esportivas e energéticas são um segmento em crescimento rápido da indústria de bebidas, comercializado por centenas de marcas diferentes. O desenvolvimento de bebidas nutricionais, especificamente orientadas para melhorar o desempenho atlético, aumentou dramaticamente nas últimas décadas. Diversos estudos têm sugerido efeitos ergogênicos relacionados ao consumo de bebidas esportivas e energéticas. Contudo, a necessidade e a segurança desses produtos têm sido questionadas. Nesse sentido, o capítulo propõe uma visão geral da composição nutricional, aplicabilidade, propriedades biológicas e efeitos benéficos e adversos para a saúde das bebidas esportivas e energéticas, com foco na prática de exercícios físicos e esportes.

A terceira edição de *Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física* abrange as diversas áreas do conhecimento humano relacionadas à nutrição aplicada à atividade física, focalizando temas atuais e vastamente discutidos na área acadêmica e na prática clínica. De modo similar às edições anteriores, acreditamos estar cumprindo nosso papel de difundir o conhecimento científico de maneira didática e multidisciplinar. Acreditamos ainda que, dentro de uma visão mais ampla, este livro pode alcançar os seus objetivos no que concerne à melhora do estado de saúde e da qualidade de vida da população geral e de atletas – objetivos que acreditamos serem almeçados por todos.

Julio Tirapegui

Professor-Associado

Apresentação da Segunda Edição

Quando nos foi solicitado preparar esta segunda edição de *Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física*, sabíamos que teríamos uma enorme tarefa a desempenhar, sobretudo em razão do grande número de novas informações e pesquisas publicadas nestes últimos 5 anos. Nossa finalidade específica então consistia em fornecer informações atualizadas no campo da nutrição aplicada à atividade física e sua relação com o desempenho esportivo, na recuperação e na qualidade de vida do atleta ou praticante de atividade física. Também, nosso objetivo era enfatizar áreas emergentes e atuais que têm provocado controvérsias e discussões na sociedade e na academia, caso da síndrome metabólica e da genômica nutricional. Podemos assinalar que a segunda edição continua com suas características iniciais: livro que tem como proposta de estudo a integração dos conhecimentos básicos de nutrição aplicada à atividade física e temas atuais em fisiologia, bioquímica e metabolização dos nutrientes no organismo humano e suas repercussões para a saúde do atleta.

Quais são as novidades desta segunda edição? Primeiramente, é necessário salientar que esta edição sofreu uma extensa revisão. As principais alterações incluem:

1. Todos os capítulos foram atualizados e neles acrescentados os últimos conhecimentos fornecidos pelas pesquisas científicas publicadas. Em alguns deles tentamos explicar os mecanismos bioquímicos do ponto de vista molecular e a participação de sinalizadores em nível celular.
2. Novas figuras e tabelas foram colocadas em cada capítulo com a finalidade de melhorar a compreensão do leitor, especialmente dos estudantes que se iniciam nesta área.
3. Foram inseridos em um só capítulo todas as informações relacionadas com o tema dos aminoácidos de cadeia ramificada e a hipótese da fadiga central.
4. Foram acrescentados três novos capítulos elaborados por pós-graduandos e docentes da USP. Estes três novos capítulos são:

Capítulo 26 – Introdução à Fisiologia do Exercício. É fato sobejamente conhecido que a capacidade funcional dos indivíduos é substancialmente melhor com a prática regular de atividade física. A sua falta acelera as perdas das capacidades física e cardiorrespiratória, da função imune, da flexibilidade, da força e da resistência muscular. O exercício físico, preferencialmente o aeróbio, é eficaz no controle do peso corporal e na prevenção ou tratamento de doenças cardiovasculares e crônicas não transmissíveis, tais como obesidade, diabetes mellitus tipo 2 e síndrome metabólica. Os exercícios aeróbios são caracterizados pela baixa a moderada intensidade e duração superior a 20 minutos. Caminhar, pedalar, dançar, correr e nadar são alguns exemplos de atividades aeróbias. Um dos benefícios da prática regular de atividade física é a manutenção do tecido muscular esquelético, o qual desempenha funções primordiais no organismo, incluindo a manutenção da postura, a locomoção, a produção de calor, entre outras. Todos esses processos requerem demanda elevada de energia na forma de trifosfato de adenosina (ATP). Há várias vias metabólicas responsáveis pela geração de ATP, as quais são controladas por diversos fatores, conforme a situação em que nos encontramos. Nesse capítulo, vamos aprender como o ATP é produzido e controlado no músculo esquelético em repouso e durante a contração muscular.

Capítulo 30 – Síndrome Metabólica, da Redução do Risco ao Tratamento: o papel do exercício físico. Estudos epidemiológicos determinam a frequência e a distribuição de doenças cardiovasculares (DCV) como a principal causa de morte não natural nas sociedades modernas. No Brasil, as DCV são responsáveis por 500 mil óbitos/ano, sendo considerada uma das principais causas de morte e de gastos com assistência médica. Entre os principais fatores de risco conhecidos para o desenvolvimento das DCV estão: obesidade (principalmente a

obesidade abdominal), dislipidemias, hipertensão arterial (HA), resistência periférica à insulina (RI) e intolerância à glicose (diabetes mellitus tipo 2). A presença simultânea desses fatores de risco é conhecida como síndrome metabólica (SM) ou síndrome da resistência insulínica ou, ainda, síndrome X. A etiologia da SM compreende fatores genéticos e ambientais. Dentre os principais componentes da SM, a resistência à insulina talvez seja a mais importante disfunção metabólica responsável pelo desenvolvimento da síndrome – estado que pode ser desencadeado pelo excesso de estressores metabólicos, como dieta hiperlipídica, obesidade e aumento nas concentrações circulantes de ácidos graxos não esterificados (AGNE), além do sedentarismo. Sem dúvida, trata-se de uma área de pesquisa multidisciplinar de grande interesse social e em franca expansão, cujos aspectos básicos e moleculares serão resumidamente discutidos neste capítulo.

Capítulo 31 – Genômica Nutricional e Exercício Físico. Como assinalam os próprios autores do capítulo, facilitam a compreensão da nutrigenômica os cinco princípios nos quais essa disciplina científica se baseia:

1. Dietas inadequadas em determinados indivíduos e em determinadas situações representam fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis.
2. Nutrientes e compostos bioativos normalmente presentes nos alimentos alteram a expressão gênica e/ou estrutura do genoma.
3. A influência da dieta na saúde depende da estrutura genética do indivíduo.
4. Determinados genes e suas variantes comuns são regulados pela dieta e podem participar de doenças crônicas não transmissíveis.
5. Intervenções dietéticas baseadas na necessidade de ingestão de nutrientes e no estado nutricional, bem como no genótipo, podem ser utilizadas para desenvolver uma nutrição personalizada que otimize a saúde e previna ou mitigue doenças crônicas não transmissíveis.

Sem dúvida, a área de nutrigenômica deverá ter importante contribuição na nutrição aplicada ao exercício físico. Para que recomendações mais personalizadas possam vir a ser feitas nesse contexto, será fundamental se elucidar a complexa interação entre nutrientes, exercício físico e genoma.

Ao apresentar esta segunda edição de *Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física*, procuramos abranger as diversas áreas do conhecimento humano relacionadas à nutrição aplicada à atividade física, focalizando também conceitos atuais sobre a síndrome metabólica e a genômica nutricional e exercício físico. Estes, sem dúvida, serão temas inesgotáveis, visto que a pesquisa nessas áreas está apenas começando. Acreditamos que estamos cumprindo com nossa função de transmitir e difundir o conhecimento científico de maneira didática e multidisciplinar, tanto aos praticantes de atividade física e atletas como também aos profissionais da área biológica e, especialmente, aos estudantes que se iniciam nesta área. Acreditamos que, dentro de uma visão mais ampla, este livro pode alcançar seus objetivos no que se refere à melhora do estado de saúde e da qualidade de vida do atleta e da população, objetivos almejados por todos.

Julio Tirapegui
Professor-Associado

Apresentação da Primeira Edição

Escrever um livro é sempre uma resposta a um desafio. Esta ideia foi amadurecendo durante o período em que coordenamos a disciplina de pós-graduação “Nutrição e Metabolismo na Atividade Física”. Uma nutrição equilibrada aliada à prática regular de atividade física são fatores fundamentais para se ter uma boa qualidade de vida. O sobrepeso e o estilo de vida fisicamente inativo são dois dos fatores de risco mais prevalentes das doenças crônicas comuns no mundo ocidental. Ambos acarretam custos enormes para a saúde e para a economia, e são reconhecidos como os principais fatores para as doenças cardiovasculares, o diabetes *mellitus* não insulino dependente, a hipertensão e a obesidade.

Uma atividade física periódica produz muitos benefícios: estimula a função cardiovascular e respiratória; aumenta o fluxo de sangue aos músculos; promove a força muscular e a flexibilidade das articulações; estimula a secreção de fatores de crescimento nas crianças; melhora a coordenação motora e o estado de ânimo; contribui para diminuir a ansiedade; regula o apetite; favorece o sono e a disposição para o trabalho; contribui para a formação dos ossos e a prevenção da osteoporose na velhice; para manter as concentrações do colesterol normais; “queima” energia, ajudando a manter um peso corporal adequado.

Portanto, para ter uma boa qualidade de vida, é importante que as pessoas guardem um equilíbrio entre os alimentos que ingerem e a energia que gastam.

A alimentação de um atleta é diferenciada da alimentação dos demais indivíduos, em função do gasto energético significativamente aumentado e da necessidade de nutrientes, que varia de acordo com o tipo, a intensidade e a duração da atividade física, a fase de treinamento e o momento da ingestão.

Por ser uma ciência multidisciplinar, a Nutrição tem como objetivo a boa nutrição e alimentação do ser humano. E, no caso específico do atleta, busca fornecer os nutrientes necessários para que este desenvolva todas as suas potencialidades, com o objetivo de aumentar seu desempenho esportivo, obter o melhor resultado nas competições e ter uma rápida recuperação, especialmente entre aqueles que fazem do esporte sua profissão.

Este livro, que apresentamos aos estudantes e profissionais da área biológica, visa precisamente fornecer conhecimentos fundamentais e mostrar aspectos atuais da nutrição relacionados com a atividade física.

Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física tem como proposta a formação dos conhecimentos básicos da Nutrição aplicada à atividade física. Essa formação se faz pelo estudo, de maneira integrada e didática, dos diferentes nutrientes, suas recomendações, seus aspectos bioquímicos, sua ação fisiológica e seu aproveitamento no organismo do atleta ou do praticante de atividade física. O livro está dividido em quatro partes, totalizando 30 capítulos, e tem a colaboração de 25 professores da Universidade de São Paulo (USP), dois da Universidade Estadual Paulista (Unesp) e três da Universidade do Chile.

A **primeira parte**, intitulada *Nutrição no Esporte*, é composta de nove capítulos, enfoca o estudo de cada um dos diferentes nutrientes e suas repercussões para a saúde do atleta. Também são analisados a avaliação da composição corporal, a hidratação e o crescimento muscular em seus conceitos bioquímicos, nutricionais e endócrinos. A **segunda parte**, denominada *Suplementação na Atividade Física*, com oito capítulos, aborda a suplementação na atividade física, um tema atual e que desperta dúvidas e controvérsias. Esta parte fornece um estudo abrangente, baseado nas evidências científicas mais recentes, do uso de compostos denominados ergogênicos, usados comumente por frequentadores de academias e até por atletas competitivos ou de elites, com o intuito de aumentar a *performance* ou a massa muscular. Os mitos e as fantasias que envolvem o uso destes compostos

são analisados de maneira crítica e aprofundada. Chamamos a atenção para o Capítulo 17 desta seção, onde se analisa o *doping* no esporte, seu uso e as consequências prejudiciais ao organismo do atleta. A **terceira parte** do livro, com seis capítulos e intitulada *Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos da Atividade Física*, diz respeito aos aspectos e às modificações fisiológicas decorrentes da prática da atividade física. São enfocados os aspectos endócrinos que modulam os processos bioquímicos e fisiológicos do atleta em condições normais e em uma situação especial, como no caso do diabetes tipo 2. Também são analisados os sistemas cardiovascular e imunológico, o excesso do treinamento, o estresse oxidativo e o gasto energético no exercício físico.

Na **quarta parte** do livro – *Considerações sobre Temas Atuais no Esporte* –, com seis capítulos, são analisados temas atuais relacionados à nutrição e ao esporte, como nutrição no futebol em seus aspectos nutricionais e fisiológicos, nutrição e esporte em atletas portadores de deficiência física, alimentos funcionais no esporte, fadiga e exercício físico, cuidado nutricional em maratonas e regulação do peso corporal. Finalmente, no Capítulo 30, são analisados brevemente mitos, fantasias e verdades da alimentação e nutrição em relação ao esporte. São temas que geram polêmica e controvérsias, tanto entre leigos como entre os próprios estudiosos. Os conceitos e as verdades mudam de acordo com os novos conhecimentos trazidos à luz pela ciência, mas os mitos e as fantasias da alimentação e nutrição esportiva permanecem no tempo. Por isso, procuramos, nesse último capítulo, desmistificar, esclarecer e orientar os leitores, frequentadores de academias e atletas de alto rendimento, de acordo com as evidências científicas atuais.

Julio Tirapegui
Professor-Associado

Sumário

Parte I – Nutrição no Esporte

- 1 Introdução à Nutrição e à Atividade Física, 3**
Audrey Yule Coqueiro • Renata Rebello Mendes • Julio Tirapegui
- 2 Proteínas e Atividade Física, 13**
Marcelo Macedo Rogero • Luciana Rossi • Julio Tirapegui
- 3 Carboidratos e Atividade Física, 31**
Mariana de Rezende Gomes • Julio Tirapegui
- 4 Lipídios e Atividade Física, 45**
Marcelo Macedo Rogero • Thais Borges Cesar • Fernanda Maria Manzini Ramos • Julio Tirapegui
- 5 Vitaminas e Atividade Física, 61**
Marcelo Macedo Rogero • Sandra Maria Lima Ribeiro • Renata Rebello Mendes • Camila Maria de Melo • Julio Tirapegui
- 6 Minerais e Atividade Física, 83**
Raquel Raizel • Audrey Yule Coqueiro • Julio Tirapegui
- 7 Composição Corporal de Atletas, 105**
Raquel Raizel • Rogério Graça Pedrosa • Nelson Nardo Junior • Julio Tirapegui
- 8 Hidratação no Esporte, 119**
Mariana de Rezende Gomes • Marcelo Macedo Rogero • Julio Tirapegui
- 9 Crescimento Muscular, 135**
Marcelo Macedo Rogero • Renata Rebello Mendes • Mariana de Rezende Gomes • Julio Tirapegui
- 10 Recomendações Nutricionais para Atletas nos Diferentes Ciclos da Vida, 151**
Audrey Yule Coqueiro • Raquel Raizel • Julio Tirapegui

Parte II – Suplementação na Atividade Física

- 11 Introdução à Suplementação, 169**
Raquel Raizel • Christianne de Faria Coelho Ravagnani • Julio Tirapegui
- 12 Creatina e Atividade Física, 175**
Audrey Yule Coqueiro • Raquel Raizel • Andrea Bonvini • Julio Tirapegui

- 13 β -hidroxi β -metilbutirato (hmb) e Atividade Física, 185**
Emídio Marques de Matos-Neto • Julio Tirapegui
- 14 Aminoácidos de Cadeia Ramificada e Atividade Física, 195**
Andrea Bonvini • Audrey Yule Coqueiro • Luciana Rossi • Julio Tirapegui
- 15 Glutamina e Atividade Física, 211**
Marcelo Macedo Rogero • Raquel Raizel • Julio Tirapegui
- 16 L-carnitina e Cromo na Atividade Física, 231**
Mariana de Rezende Gomes • Julio Tirapegui
- 17 Cafeína e Atividade Física, 239**
Raquel Raizel • Audrey Yule Coqueiro • Julio Tirapegui
- 18 Beta-Alanina e Atividade Física, 249**
Audrey Yule Coqueiro • Raquel Raizel • Andrea Bonvini • Julio Tirapegui
- 19 Probióticos, Prebióticos, Simbióticos e Atividade Física, 259**
Andrea Bonvini • Audrey Yule Coqueiro • Raquel Raizel • Julio Tirapegui
• Marcelo Macedo Rogero
- 20 Dopagem no Esporte, 271**
Maurício Yonamine • Carolina Dizioli Rodrigues de Oliveira
- Parte III – Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos da Atividade Física**
- 21 Introdução à Fisiologia do Exercício, 285**
Sandro Massao Hirabara • Tania Cristina Pithon-Curi • Rui Curi
- 22 Fisiologia do Exercício na Avaliação Física e Prescrição do Treinamento, 297**
Ana Paula de Oliveira Barbosa Nunes • Newton Nunes
- 23 Atividade Física, Sistema Imune e Nutrição, 313**
Marcelo Macedo Rogero • Andrea Bonvini • Julio Tirapegui
- 24 Excesso de Treinamento ou *Overtraining*, 331**
Marcelo Macedo Rogero • Audrey Yule Coqueiro • Julio Tirapegui
- 25 Ações do Exercício Físico sobre a Secreção de Insulina e o Diabetes *Mellitus*, 349**
Eduardo Rebelato Lopes de Oliveira • Angelo Rafael Carpinelli
- 26 Sistema Cardiovascular na Atividade Física, 363**
Sandra Lia do Amaral • Lisete Compagno Michelini
- 27 Gasto Energético na Atividade Física, 379**
Camila Maria de Melo • Sandra Maria Lima Ribeiro • Fernanda Baeza Scagliusi
• Regina Urasaki

Parte IV – Considerações sobre Temas Atuais no Esporte**28 Nutrição no Futebol: Aspectos Nutricionais e Fisiológicos, 395**

*Lucas Carminatti Pantaleão • Francisco Leonardo Torres-Leal • Amanda Ferraz Braz
• Julio Tirapegui*

29 Avaliação Nutricional de Pessoas com Deficiência Motora, 407

*Sandra Maria Lima Ribeiro • Regina Célia da Silva • Carlos Bandeira de Mello Monteiro
• Julio Tirapegui*

30 Dieta Vegetariana e Atividade Física, 417

Andrea Bonvini • Raquel Raizel • Audrey Yule Coqueiro • Julio Tirapegui

31 Alimentos Funcionais na Atividade Física, 425

Raquel Raizel • Luciana Rossi • Julio Tirapegui

32 Cuidado Nutricional em Maratonas: Aspectos Atuais, 431

Patrícia Lopes de Campos-Ferraz • Rodrigo Branco Ferraz

33 Bebidas Esportivas e Energéticas: Considerações na Atividade Física, 445

Raquel Raizel • Audrey Yule Coqueiro • Julio Tirapegui

34 Mecanismos da Regulação do Peso Corporal e a Influência da Atividade Física, 461

Isadora Clivatti Furigo • José Donato Júnior

35 Síndrome Metabólica: o Papel do Exercício Físico na Redução do Risco, 481

*Francisco Leonardo Torres-Leal • Jonas Alves de Araujo Junior • Irislene Costa Pereira
• Julio Tirapegui*

36 Genômica Nutricional e Exercício Físico, 513

Marcelo Macedo Rogero • Thomas Prates Ong

37 Mitos e Verdades sobre Nutrição e Atividade Física, 521

Audrey Yule Coqueiro • Raquel Raizel • Andrea Bonvini • Julio Tirapegui

Índice Remissivo, 531

Parte I



Nutrição no Esporte

Introdução à Nutrição e à Atividade Física



• Audrey Yule Coqueiro • Renata Rebello Mendes • Julio Tirapegui

Introdução

A relação da alimentação com o bem-estar físico e o pleno desenvolvimento mental e emocional é conhecida desde a antiguidade. Tal conhecimento tornou-se público por meio de Hipócrates, que escreveu sobre a higiene, o repouso e a boa alimentação.

Nos séculos XVIII e XIX, foram realizados diversos estudos sobre a fisiologia e o metabolismo do corpo humano, sendo que os processos de combustão de alimentos e respiração celular começaram a ser desvendados em 1770, por Antoine Lavoisier e seus seguidores. A correlação entre esses processos foi essencial para despertar a curiosidade da comunidade científica da época sobre o tema alimentação. No período de 1857 a 1890, Louis Pasteur contribuiu com diversas descobertas sobre microbiologia de alimentos, confirmando a necessidade do estudo dos alimentos de modo mais abrangente.

Em 1919, Francis Benedict e James Harris constataram que, à medida que as pessoas sobrevivem com escassez de alimento, seus processos fisiológicos modificam-se de modo a conservar apenas a energia básica para a sobrevivência. Logo, suas superfícies tornam-se menores e mais frias, o pulso, mais lento, e a atividade física espontânea, diminuída. Além disso, as características sexuais secundárias desaparecem e a personalidade se altera, demonstrando a importância da nutrição para a saúde física e mental, e qualidade de vida.

Em 1937, Pedro Escudero, um médico argentino, introduziu o estudo da alimentação e da nutrição nas escolas de medicina de seu país, como uma nova visão da clínica médica. Com essa inovação, Escudero pôde divulgar as leis da alimentação, por ele estabelecidas, aos profissionais que coordenavam as equipes de saúde, e romper com o empirismo que, até então, cercava o tema da nutrição.

Inicialmente, o principal problema de saúde pública estudado pelos profissionais de nutrição era a desnutrição, que se tornou um dos temas mais discutidos na década de 1980. Porém, com o estilo de vida moderno, grandes alterações foram observadas no comportamento humano, incluindo os hábitos alimentares. A necessidade de refeições mais práticas e rápidas e as facilidades da vida regrada à tecnologia tornaram a população cada vez mais suscetível à obesidade e demais doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Essa mudança drástica – caracterizada pela prevalência de desnutrição, seguida pela prevalência de obesidade – foi denominada transição nutricional (Tardido & Falcão, 2006).

Nesse cenário, a comunidade científica do mundo todo passou a se dedicar arduamente a estudos relacionados à ingestão excessiva de gordura saturada e açúcares e seu impacto na saúde humana. Com o avanço das pesquisas, a tendência dos estudos foi-se especificando cada vez mais; se no início se estudava principalmente o metabolismo dos macronutrientes de maneira generalizada, com o passar dos anos os estudos tornaram-se mais minuciosos, surgindo, então, os conceitos sobre tipos de lipídios, carboidratos, aminoácidos e micronutrientes.

A preocupação com a redução do risco de doenças associadas à nutrição, bem como com o atendimento das necessidades nutricionais nas mais diversas situações, como para atletas e praticantes de atividade física, contribuíram essencialmente para a ampliação dos temas de estudo da nutrição. Nunca se falou tanto em suplementação nutricional, micronutrientes antioxidantes, compostos ergogênicos e muitos outros como nos últimos anos. O volume de trabalhos científicos sobre nutrição, em especial sobre nutrição esportiva, disponível na literatura mundial cresce de modo acentuado, o que demonstra a importância dessa ciência na qualidade de vida da população.

Introdução à nutrição e conceitos

Muito se discute sobre nutrição, mas, em algumas situações, os termos associados a essa ciência não são devidamente esclarecidos. Assim, os termos “alimentos”, “nutrientes”, “nutrientes indispensáveis” e “nutrição” são conceituados na Tabela 1.1.

A alimentação não deve ser vista somente como um hábito essencial para a sobrevivência, devendo, também, ser relacionada com o prazer e questões sociais, respeitando o fato de que cada indivíduo tem suas próprias preferências e hábitos alimentares. Nesse contexto, é possível compreender a alimentação como um componente fundamental da boa qualidade de vida, juntamente com a prática de exercícios físicos e a ausência de vícios, como tabagismo e etilismo. De modo geral, considerações nutricionais básicas se referem à manutenção de um peso corporal saudável, evitando a desnutrição e o sobrepeso/obesidade, e a ingestão adequada de todos os nutrientes, incluindo o consumo moderado de sódio, ácidos graxos saturados e açúcar refinado.

Todos os alimentos podem fazer parte de uma dieta saudável. Do ponto de vista nutricional, um alimento não pode ser classificado apenas como bom ou ruim. O mais importante é que esse alimento se combine com outros para satisfazer as necessidades de energia e nutrientes do indivíduo. Recomenda-se a ingestão diária de uma ampla variedade de alimentos, como cereais, leguminosas e vegetais, que devem ter seu consumo distribuído no transcorrer do dia. Logo, não é recomendável que as necessidades nutricionais diárias sejam atendidas por meio de apenas uma ou duas refeições, devendo-se aumentar o fracionamento

das refeições e, por consequência, do volume de alimentos ingeridos durante o dia.

Como dito anteriormente, os alimentos fornecem os nutrientes necessários para que o organismo se forme, mantenha-se e seja mais resistente às enfermidades. Os nutrientes são classificados em macro e micronutrientes. Os macronutrientes são as proteínas, os carboidratos e os lipídios. São ingeridos em grandes quantidades e, por serem estruturas grandes, precisam ser quebrados em unidades menores para serem absorvidos pelo organismo. Ao serem transformados em compostos menores, fornecem energia ao organismo por meio de processos bioquímicos complexos, que juntos são denominados metabolismo. A ingestão energética deve satisfazer o gasto de energia do organismo, sendo que o desequilíbrio entre essas variáveis culmina em alterações metabólicas importantes, que ocorrem tanto na ingestão energética insuficiente como na ingestão energética excessiva. Para melhor compreensão desses processos, os conceitos de caloria, quilocaloria, joule, gasto energético basal, total e em repouso e metabolismo são apresentados na Tabela 1.2.

Diferentemente dos macronutrientes, os micronutrientes, que incluem as vitaminas e os minerais, não fornecem energia. Entretanto, desempenham papéis-chave durante o metabolismo dos macronutrientes. Além disso, os micronutrientes estão envolvidos em todos os tipos de reações bioquímicas que ocorrem no organismo, sendo fundamentais para os processos de crescimento, desenvolvimento e funcionamento adequado do organismo humano. São necessários em pequenas quantidades e, em geral, são absorvidos no intestino sem sofrer alteração.

Tabela 1.1. Definição de termos associados à ciência da nutrição.

Termo	Definição
Alimentos	Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a palavra alimento é definida como: “toda substância ou mistura de substâncias, no estado sólido, líquido, pastoso ou qualquer outra forma adequada, destinada a fornecer ao organismo humano os elementos normais, essenciais à sua formação, manutenção e desenvolvimento” (ANVISA, 1969). Simplificando, são produtos de origem animal, vegetal ou sintética, normalmente ingeridos por via oral, com o intuito de nutrir o organismo humano, para que seja possível a realização de atividades básicas, como andar, pensar, respirar, dormir, entre outras (Tirapegui, 2013).
Nutrientes	São as unidades básicas e estruturais que compõem os alimentos, sendo considerados como os elementos responsáveis pela realização de todos os processos bioquímicos e fisiológicos do organismo, promovendo saúde.
Nutrientes indispensáveis	Aqueles que não são sintetizados pelo organismo humano e que, por isso, devem ser obtidos por meio da alimentação, como ácidos graxos linoleico (ômega-6) e linolênico (ômega-3), vitaminas, minerais e alguns aminoácidos, por exemplo: os aminoácidos de cadeia ramificada (ACR) – leucina, isoleucina e valina.
Nutrição	Estudo dos alimentos e dos mecanismos pelos quais o organismo ingere, assimila e utiliza os nutrientes que fornecem a energia necessária para mantê-lo vivo.

Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Tabela 1.2. Conceito de termos associados ao consumo e gasto energético.

Termo	Definição
Caloria	Quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 mL de água, de uma temperatura padrão inicial, a 1°C.
Quilocaloria	São 1.000 calorias. Porém, na maioria das vezes, as informações nutricionais presentes em rótulos de embalagem simplificam tal termo para “caloria”, o que gera certa confusão.
Joule	Medida de energia em termos de trabalho mecânico. Uma quilocaloria é equivalente a 4.184 joules.
Gasto energético basal	Quantidade de energia utilizada em 24 horas por uma pessoa completamente em repouso, 12 horas após uma refeição, em temperatura e ambiente confortáveis.
Gasto energético em repouso	Quantidade de energia utilizada em 24 horas por uma pessoa completamente em repouso, 3 a 4 horas após uma refeição, em temperatura e ambiente confortáveis.
Gasto energético total	Somatória do gasto energético em repouso, energia gasta em atividades físicas e o efeito térmico dos alimentos em 24 horas.

Metabolismo:

Conjunto de reações químicas responsáveis pelos processos de síntese e degradação dos nutrientes na célula. Divide-se em anabolismo e catabolismo. Anabolismo é a síntese de compostos grandes a partir de unidades pequenas (p. ex., a formação de proteínas a partir dos aminoácidos). Em geral, essas reações são endergônicas, ou seja, requerem energia. Catabolismo é a degradação de compostos grandes em unidades pequenas (p. ex., a quebra da proteína em suas unidades estruturais, que são os aminoácidos). Em geral, essas reações são exergônicas, ou seja, fornecem energia.

Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Os alimentos contêm nutrientes em quantidades variáveis, ou seja, alguns alimentos contêm maior quantidade de determinado nutriente e menor quantidade de outro, demonstrando a importância da combinação de alimentos. Um exemplo clássico da combinação de alimentos que se complementam, em relação a seu conteúdo de nutrientes, é o consumo conjunto de leguminosas e cereais, como arroz e feijão. As leguminosas são ricas em lisina, mas deficientes em metionina, e o contrário ocorre com os cereais (ricos em metionina e deficientes em lisina). Assim, a associação de leguminosas e cereais é uma estratégia para fornecer todos os aminoácidos indispensáveis ao organismo. Levando em consideração que cada nutriente desempenha uma função específica no organismo, a ingestão de uma dieta balanceada é capaz de fornecer uma variedade de nutrientes, contribuindo para a promoção da saúde.

Desde 1937, quando Pedro Escudero propôs as leis da alimentação – quantidade, qualidade, harmonia e adequação –, esses princípios são utilizados como respaldo para uma alimentação saudável (Figura 1.1). A lei da quantidade determina que a ingestão de alimentos deve ser suficiente para suprir as necessidades nutricionais do indivíduo, sendo o excesso e a restrição prejudiciais. A segunda lei indica a importância do consumo de alimentos de qualidade, ou seja, que não estejam estragados, crus, não maduros, entre outros, bem como a importância da ingestão de alimentos ricos em nutrientes indispensáveis. A lei da harmonia se refere ao equilíbrio na ingestão de nutrientes, evitando o excesso ou insuficiência de determinado macro ou micronutriente, evidenciando a importância da combinação de uma variedade de alimentos. Finalmente, a última lei, da adequação, faz menção ao fato de que a dieta deve ser individualizada, respeitando as características de cada paciente, como idade e

sexo. Desse modo, fica claro que as necessidades nutricionais diferem entre crianças e idosos, por exemplo.

**Figura 1.1.** Leis da alimentação.

Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Recomendações nutricionais e alimentação balanceada

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), do valor energético total (VET) da dieta de um adulto, 55 a 75% devem ser provenientes de carboidratos, 15 a 30% de lipídios e 10 a 15% de proteínas (FAO/OMS, 2003). Já a Ingestão Dietética de Referência (*Dietary Reference Intakes* – DRIs) sugere que, para um adulto, a distribuição de macronutrientes seja de 45 a 65% do VET de carboidratos, 20 a 35% do VET de lipídios e 10 a 35% do VET de proteínas (DRIs, 2011). As principais fontes

de carboidrato são cereais, tubérculos e raízes, enquanto os alimentos de origem animal, como carnes, ovos e laticínios, fornecem relevantes quantidades de proteína e lipídios. Os óleos e as oleaginosas são, também, importantes fontes de lipídios.

Para que a população compreendesse melhor as recomendações de ingestão de macronutrientes, no ano de 1992 o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture—USDA) adotou a pirâmide alimentar como forma gráfica de distribuição dos alimentos (Figura 1.2). Diversos países utilizaram esse instrumento com a finalidade de educar sua população em relação à qualidade e à quantidade de alimentos a serem ingeridos.

A base da pirâmide é constituída por alimentos ricos em carboidratos. Originalmente, a pirâmide alimentar proposta pelos americanos sugeria o consumo de 6 a 11 porções desse grupo alimentar; porém, de acordo com a adaptação brasileira, sugeriu-se a ingestão de 5 a 9 porções desses alimentos. O segundo nível da pirâmide (de baixo para cima) representa os vegetais – frutas, legumes e verduras –, alimentos ricos em fibras, micronutrientes e água. Devido ao fato de os vegetais serem alimentos comuns na dieta e de fácil acesso à população brasileira, as porções originais da pirâmide norte-americana (2 a 4 porções de frutas e 3 a 5 porções de legumes e verduras) foram aumentadas para

3 a 5 porções no grupo das frutas e para 4 a 5 porções no grupo dos legumes e verduras.

No terceiro nível da pirâmide, constituído por alimentos proteicos, sugeriu-se o consumo de 2 a 3 porções de laticínios e 2 a 3 porções de carnes, ovos, feijões e oleaginosas. Entretanto, a adaptação brasileira recomendou o consumo de apenas 1 a 2 porções neste último (carnes e ovos). O topo da pirâmide representa os alimentos ricos em lipídios e açúcares, que devem ser consumidos com moderação. É por essa razão que permanecem no topo da pirâmide, onde o espaço é menor, sugerindo a ideia de moderação.

Em vista do fato de que diferentes populações divergem em relação a vários fatores, como hábitos alimentares e disponibilidade de alimentos, surgiu a necessidade de substituir a pirâmide alimentar por um instrumento que fosse mais viável e coerente para toda a população. Nesse cenário, em 2011 a USDA desenvolveu uma ferramenta denominada *My Plate* (Figura 1.3), que recomenda o consumo de vegetais (frutas, legumes e verduras), grãos, de preferência integrais, e alimentos proteicos considerados “saudáveis”, ou seja, com menor teor de ácidos graxos saturados, incluindo uma pequena parcela de laticínios. Diferentemente da pirâmide alimentar, o *My Plate* é uma ferramenta qualitativa, ou seja, não são mencionados valores (porcentagens e/ou porções) de consumo de cada grupo alimentar.

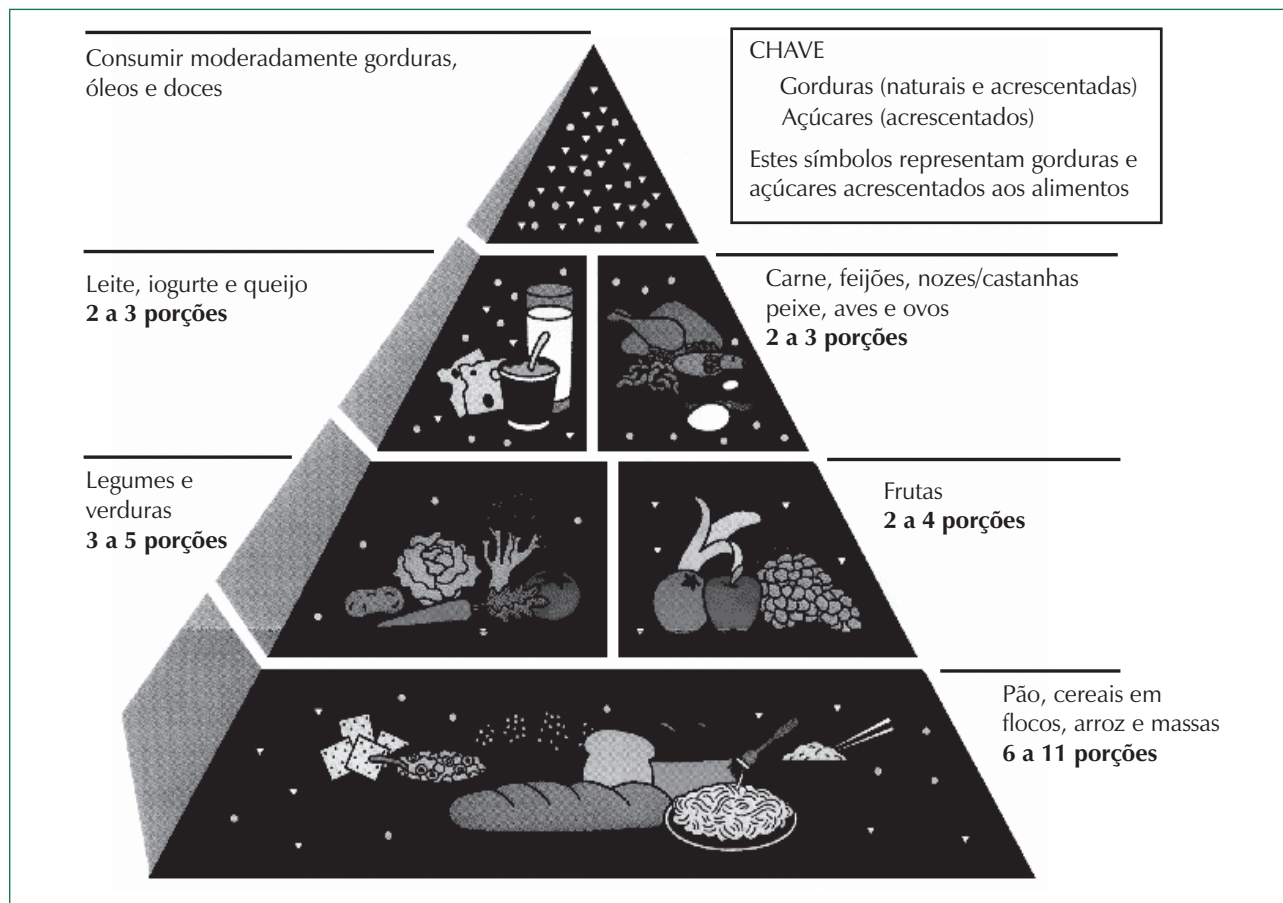


Figura 1.2. Pirâmide dos alimentos.

Fonte: Adaptada de USDA.

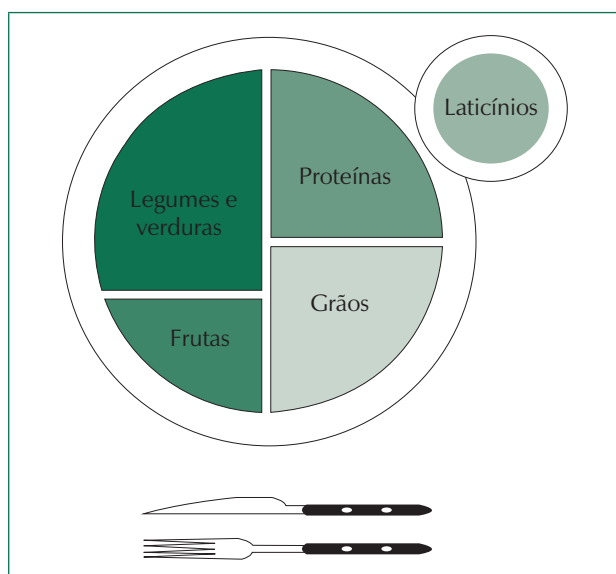


Figura 1.3. Recomendação de consumo de alimentos.

Fonte: Adaptada do My Plate.

Similarmente às recomendações contidas no *My Plate*, o mais recente Guia Alimentar para a População Brasileira, publicado em 2014, estimula a ingestão de alimentos *in natura* e minimamente processados, como vegetais, cereais, leguminosas e laticínios, e desencoraja o consumo de alimentos processados e ultraprocessados (enlatados, alimentos em conserva, em calda, cristalizados, guloseimas, salgadinhos “de pacote”, entre outros), bem como o excesso de ingestão de óleo, sal e açúcar.

Tabela 1.3. Dez passos para uma alimentação adequada e saudável.

1	Fazer de alimentos <i>in natura</i> ou minimamente processados a base da alimentação.
2	Utilizar óleos, gorduras, sal e açúcar em pequenas quantidades ao temperar e cozinhar alimentos e criar preparações culinárias.
3	Limitar o consumo de alimentos processados.
4	Evitar o consumo de alimentos ultraprocessados.
5	Comer com regularidade e atenção, em ambientes apropriados e, sempre que possível, com companhia.
6	Fazer compras em locais que ofertem variedades de alimentos <i>in natura</i> ou minimamente processados.
7	Desenvolver, exercitar e partilhar habilidades culinárias.
8	Planejar o uso do tempo para dar à alimentação o espaço que ela merece.
9	Dar preferência, quando fora de casa, a locais que servem refeições feitas na hora.
10	Ser crítico quanto a informações, orientações e mensagens sobre alimentação veiculadas em propagandas comerciais.

Fonte: Adaptada do Guia Alimentar para a População Brasileira, 2014.

O novo guia alimentar também leva em consideração a cultura e os costumes de diversas regiões do Brasil, sugerindo uma extensa variedade de opções de cardápio, como um desjejum contendo leite, cuscuz, ovo de galinha e banana. O documento ainda fornece dicas para manter uma dieta equilibrada, denominadas “dez passos para uma alimentação adequada e saudável” (Tabela 1.3).

Introdução à atividade física e alimentação do atleta

Tal como na ciência da nutrição, os conceitos de alguns dos termos mencionados no âmbito esportivo nem sempre são adequadamente esclarecidos, o que gera confusão e, por vezes, uma abordagem equivocada. Portanto, as definições dos termos “atividade física”, “exercício físico”, “treinamento físico” e “esporte” são apresentadas na Tabela 1.4.

Tabela 1.4. Definição de termos frequentemente abordados no âmbito esportivo.

Termo	Definição
Atividade física	Qualquer movimento corporal que culmine em uma contração muscular e, por consequência, em gasto energético.
Exercício físico	Toda atividade física planejada, estruturada e repetitiva com o objetivo de melhorar ou manter um ou mais componentes da aptidão física.
Treinamento físico	Série de exercícios físicos planejados e estruturados com o intuito de desenvolver habilidades específicas, melhorando ou mantendo um ou mais componentes da aptidão física.
Esporte	Sistema ordenado de práticas corporais, relativamente complexas, que envolvem atividades de competição institucionalmente regulamentada. Esse sistema se fundamenta na superação de competidores ou de marcas e/ou resultados anteriores estabelecidos pelo próprio atleta.

Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Em vista da elevada necessidade energética e de nutrientes decorrentes da prática de exercícios físicos exaustivos, a alimentação de um atleta é diferenciada quando comparada à de indivíduos sedentários. De modo geral, os atletas necessitam de um aporte glicídico maior que os não atletas, pois os carboidratos compõem o glicogênio muscular e hepático – importantes substratos energéticos utilizados durante o exercício. Pelo fato de os estoques musculares e hepáticos de glicogênio serem limitados, sua reposição deve ser feita de maneira constante, mesmo durante a atividade, para garantir um bom rendimento do atleta (Finsterer, 2012; Coqueiro et al., 2018).

A ingestão de proteínas pode variar de acordo com o tipo de esporte, sendo maior para atletas engajados em exercícios de força, comparados aos de *endurance*. Sugere-se que a ingestão de proteínas esteja próxima ao valor máximo da recomendação, para garantir sua propriedade plástica e favorecer o anabolismo proteico muscular (Panza et al., 2007). A proporção de lipídios pode diminuir em função do aumento da proporção de carboidratos; entretanto, cabe ressaltar que essas condutas nutricionais não são generalizadas, haja vista que cada esporte implica necessidades diferenciadas e cada momento do dia do atleta exigirá a predominância de determinado nutriente (Hernandez et al., 2009).

Não existem recomendações nutricionais de micronutrientes específicas para atletas, devendo-se utilizar as recomendações para indivíduos saudáveis estabelecidas pelas DRIs. Nesse sentido, ressalta-se a importância de garantir o aporte adequado de vitaminas e minerais antioxidantes, como as vitaminas A, C e E e os minerais selênio, zinco, cobre e magnésio, para atletas, visto que o exercício exaustivo aumenta a geração de espécies reativas de oxigênio, causando estresse oxidativo, que pode resultar em lesões oxidativas a estruturas celulares, como lipídios, proteínas e DNA (Coqueiro et al., 2017). Além disso, caso a proporção de carboidratos da dieta seja elevada, a ingestão de vitaminas do complexo B deve estar adequada, em vista da importância desses nutrientes como cofatores nas reações de geração de energia provenientes da degradação de carboidratos. Vale salientar que a suplementação só é necessária quando a dieta não é capaz de suprir as necessidades nutricionais do indivíduo.

Além da ingestão adequada de nutrientes, a hidratação do atleta é de suma importância para a manutenção da saúde e do desempenho físico. As estratégias para hidratação do atleta não consistem apenas no consumo de água, mas também na ingestão de bebidas esportivas ou energéticas que contenham eletrólitos e uma fonte de carboidrato. As recomendações nutricionais de macro e micronutrientes e as estratégias para hidratação do atleta serão abordadas em diversos capítulos deste livro.

Recomendações energéticas para atletas

As recomendações de ingestão energética para indivíduos sedentários ou que praticam atividade física moderada são insuficientes para atletas, cujo gasto energético pode ser até 4 vezes maior que o de um indivíduo sedentário ou moderadamente ativo. Uma das maneiras de determinar o gasto energético de um atleta é por meio do consumo de oxigênio em litros/minuto.

Sabe-se que cada litro de oxigênio consumido equivale a um gasto de aproximadamente 5 kcal, e, a partir de um teste espirométrico (análise de gases expirados), pode-se conhecer o volume de oxigênio consumido (VO_2) no repouso. Além disso, com o auxílio de um ergômetro (bicicleta ou esteira), pode-se medir esse consumo durante o exercício físico.

A relação entre CO_2 expirado e O_2 consumido resulta em valores que variam entre 0,7 e 1,0, sendo que para cada valor existe um correspondente exato das calorias gastas por litro de oxigênio e, ainda, o substrato energético oxidado predominantemente. Quanto mais próximo de 0,7, maior a contribuição dos lipídios na geração de energia; quanto mais próximo de 1,0, maior a participação dos carboidratos (Tabela 1.5). Essa relação é chamada de quociente respiratório, e seu conhecimento torna a determinação do gasto energético, assim como do substrato utilizado, mais fidedigna.

Existem outras maneiras de mensurar o gasto energético de um indivíduo, geralmente com base em fórmulas predefinidas, mas, como partem de uma estimativa, podem apresentar resultados menos confiáveis. Para sedentários ou indivíduos moderadamente ativos, o erro acumulado pela estimativa pode não afetar significativamente o delineamento alimentar a ser traçado, permitindo que o indivíduo atinja as metas desejadas mesmo sem maior precisão de cálculos. Para atletas, entretanto, essa precisão é relevante, levando em conta as diferentes modalidades esportivas e as necessidades específicas de cada uma delas. Quanto mais próxima das necessidades reais for a prescrição da dieta, maiores serão as chances de um melhor desempenho atlético.

Tabela 1.5. Equivalentes térmicos do oxigênio para o quociente respiratório não proteico, incluindo o percentual de calorias e gramas derivado de carboidratos e gorduras.

QR	Kcal/litro O_2	Carboidrato	Gordura	Carboidrato	Gordura
0,707	4,686	0	100	0	0,496
0,82	4,825	40,3	59,7	0,454	0,313
0,93	4,961	77,4	22,6	0,921	0,125
1,00	5,047	100	0	1,231	0

Fonte: McArdel, 1998.

Na impossibilidade de executar os testes mais acurados, as necessidades energéticas devem ser estimadas, sendo que a melhor maneira de fazer a estimativa é baseada no consumo de oxigênio. Para tal cálculo, utiliza-se o equivalente metabólico (MET), que equivale a um consumo de 3,5 mL de oxigênio/kg de peso corporal/minuto. O gasto energético avaliado em METs constitui o número de vezes pelo qual o metabolismo de repouso foi multiplicado durante uma atividade. Exemplificando: se um indivíduo pedala a 4 METs, entende-se que seu gasto de energia é 4 vezes superior ao que ocorre em repouso (Coelho-Ravagnani et al., 2013). Na Tabela 1.6, é apresentado o valor em METs de diversos exercícios.

Tabela 1.6. Valor em METs dependendo do tipo de exercício físico.

Esporte	METs
Basquete	6,0
Futsal	7,0
Handebol	8,0
Vôlei	4,0
Natação	7,0
Polo	10,0
Hidroginástica	4,0
Ginástica	4,0
Balé e jazz	4,8
Tênis	7,0
Ciclismo	8,0
Remo	7,0
Esqui	7,0
Musculação	3,0
loga	2,5
Alongamento	2,5

Fonte: Adaptada de Ainsworth et al., 2000.

A ingestão energética ainda pode ser baseada nas DRIs (*Recommended Dietary Allowances* – RDA), que estipulam a ingestão de calorias por quilo de peso de acordo com a idade, por exemplo: 19 a 24 anos = 40 kcal/kg de peso/dia ou 25 a 50 anos = 37 kcal/kg de peso/dia, somadas ao gasto de cada sessão de atividade física avaliado em METs. Exemplificando: um indivíduo com 20 anos e 70 kg, que pratica polo (10 METs) durante 30 minutos, teria a necessidade energética de:

$$\begin{aligned}
 &40 \text{ kcal} \times 70 \text{ kg} = 2.800 \text{ kcal} \\
 &+ \\
 &10 \text{ METs} \times 3,5 \text{ mL de O}_2 = 35 \text{ mL de O}_2 \\
 &35 \text{ mL de O}_2 \times 70 \text{ kg} \times 30 \text{ min} = 73.500 \text{ mL de O}_2/\text{kg/min} \\
 &\quad \mathbf{1 \text{ litro de O}_2 \rightarrow 5 \text{ kcal}} \\
 &73,5 \text{ L de O}_2/\text{kg/min} \times 5 \text{ kcal} = 367,5 \text{ kcal} \\
 &\text{Logo, } 2.800 \text{ kcal} + 367,5 \text{ kcal} = \mathbf{3167,5 \text{ kcal/dia}}
 \end{aligned}$$

Sistemas energéticos durante o exercício físico

Para a execução da contração muscular, a energia é fornecida por meio da quebra das ligações fosfato da molécula de adenosina trifosfato (ATP). O estoque de ATP celular é de aproximadamente 8 mmol/L por quilo de músculo fresco, porém, mesmo exercícios exaustivos reduzem apenas 1 a 2 mmol/L dessa concentração, já que os níveis fisiológicos de ATP não devem ser reduzidos a valores inferiores a 5 mmol/L. Nesse cenário, três sistemas são destinados a promover energia durante o exercício físico: o sistema creatina-fosfato, a glicólise anaeróbia e o sistema oxidativo, sendo que os dois primeiros sistemas energéticos predominam durante o exercício resistido, enquanto o último sistema predomina durante o exercício aeróbio (Baker et al., 2010).

A primeira reação do sistema creatina-fosfato consiste na doação de fosfato da molécula de fosfocreatina (CrP) para a molécula de adenosina difosfato (ADP), promovendo ressíntese do ATP (Baker et al., 2010). A segunda reação ocorre entre duas moléculas de ADP e consiste na doação de fosfato de uma molécula a outra, a fim de ressintetizar o ATP. A reação resulta na síntese de adenosina monofosfato (AMP) (Korzeniewski et al., 2006). Essa molécula sofre ação da enzima adenosina monofosfato deaminase (AMPD), sendo o consumo de prótons (H⁺) necessário a essa reação, e tendo como resultado a síntese de amônia (Figura 1.4) (Baker et al., 2010).

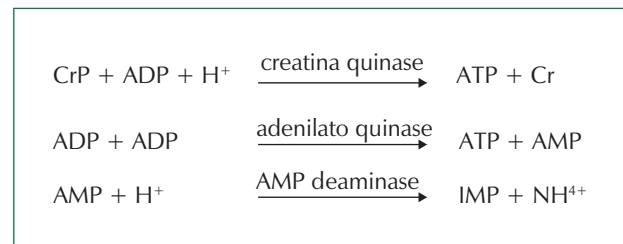


Figura 1.4. Sistema creatina fosfato.

CrP = fosfocreatina; ADP = adenosina difosfato; ATP = adenosina trifosfato; Cr = creatina; AMP = adenosina monofosfato; IMP = inosina monofosfato; NH₄⁺ = amônia.

Fonte: Adaptada de Baker et al., 2010.

Posteriormente ao sistema creatina-fosfato, passa a vigorar o sistema glicolítico anaeróbio, no qual a glicose, derivada da glicemia e do glicogênio, é utilizada para a formação de piruvato, que é convertido em lactato pela enzima lactato desidrogenase (LDH). A síntese de lactato é proporcional ao trabalho muscular (Kaminsky et al., 2010; Wilkinson et al., 2010). A via glicolítica aeróbia (sistema oxidativo), que depende do ciclo de Krebs e da cadeia transportadora de elétrons, predomina em exercícios mais prolongados, que demandam maior quantidade de energia (Figura 1.5).

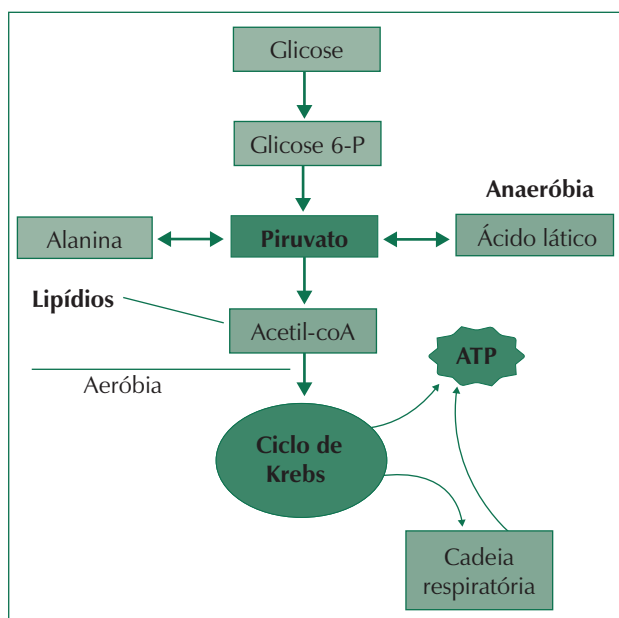


Figura 1.5. Glicólises aeróbia e anaeróbia.

Fonte: Desenvolvida pela autoria.

As vias anaeróbias (sistema creatina-fosfato e glicólise anaeróbia) recrutam predominantemente as fibras musculares do tipo II, denominadas também fibras brancas e glicolíticas, pois apresentam maior reserva de glicogênio e de CrP. As vias aeróbias (sistema oxidativo), por sua vez, recrutam predominantemente fibras do tipo I, também designadas como vermelhas e oxidativas, visto que possuem maior reserva de lipídios. Assim, as fibras musculares utilizadas durante os exercícios vão sendo alternadas de acordo com o tipo de metabolismo predominante e, dependendo da proporção de fibras musculares dos tipos I e II, estabelecidas geneticamente, que predispõe os indivíduos a terem melhor desempenho para uma modalidade esportiva do que para outras (Tabela 1.7).

A maior parte da dieta de um indivíduo, seja ele atleta ou não, deve ser composta por carboidratos. A necessidade por esse macronutriente aumenta conforme se eleva o volume e a frequência do treinamento físico. A ingestão de proteínas aumenta de modo absoluto, mas mantém a mesma proporção perante os demais nutrientes, enquanto a ingestão de lipídio diminui proporcionalmente em função da maior presença de carboidratos.

Na ausência de carboidrato, o organismo utiliza proteína para restabelecer seus estoques de glicogênio e fornecer energia aos tecidos. Entretanto, não há um estoque de proteínas no organismo; a maioria das proteínas está empregada em estruturas, ou seja, constituindo tecidos ou fazendo parte de enzimas, hormônios, entre outros. Logo, o uso de proteínas como fonte de energia pode gerar danos às estruturas celulares, afetando o funcionamento do organismo. Além da mobilização inapropriada de proteínas, ocorre a diminuição da mobilização de lipídios com fins energéticos, acentuando ainda mais a degradação proteica. É necessário o mínimo de carboidrato para que haja estímulo à lipólise e utilização de lipídios como fonte de energia no interior da célula muscular. Esse mecanismo pode ser observado na Figura 1.6.

Podemos dizer que a glicose é precursora tanto de acetil-CoA como de oxalacetato, a partir do piruvato; na sua ausência, os lipídios fornecem acetil-CoA, mas, se não houver oxalacetato nas mesmas proporções, não ocorre a condensação de ambos e, conseqüentemente, a formação de citrato. A diminuição da concentração de citrato reduz a atividade do ciclo de Krebs, que, por sua vez, é o maior responsável pela geração de ATP no processo oxidativo. Em contrapartida, a única maneira de o organismo manter as concentrações adequadas de oxalacetato é por meio das proteínas, visto que alguns aminoácidos também são precursores de oxalacetato. Contudo, a demanda de aminoácidos não equivale à de glicose na formação de oxalacetato, e este se mantém diminuído. Tal fato leva a um menor aproveitamento da acetil-CoA proveniente dos lipídios, provocando desaceleração da lipólise e desvio da acetil-CoA em excesso para a formação de corpos cetônicos. O aumento da circulação de corpos cetônicos implica maior toxicidade e pode comprometer a saúde e o desempenho do atleta. Portanto, a restrição drástica do consumo de carboidrato não é indicada, especialmente para atletas.

Considerações finais

As necessidades nutricionais de atletas são diferentes das necessidades de indivíduos sedentários ou pouco ativos, portanto o acompanhamento nutricional deve ser diferenciado para esse grupo populacional. Além disso, a conduta nutricional é influenciada pela modalidade esportiva, duração, frequência e intensidade do exercício, bem como por peculiaridades do atleta. De modo geral, sugere-se que a elaboração da dieta seja respaldada em princípios básicos da ciência da nutrição, como as leis da alimentação, devendo obedecer às recomendações nutricionais estabelecidas pelas DRIs e pela OMS.

Tabela 1.7. Características das fibras musculares.

Propriedades	Tipo I*	Tipo IIA	Tipo IIB**
Velocidade de contração	Lenta	Rápida	Rápida
Capacidade glicolítica	Baixa	Moderada	Alta
Capacidade oxidativa	Alta	Moderada	Baixa
Estoque de glicogênio	Moderado Alto	Moderado Alto	Moderado Alto
Estoque de triglicerídios	Alto	Moderado	Baixo
Capilaridade	Boa	Moderada	Pobre

*Fibras tipo I = atividade de longa duração e baixa intensidade; **Fibras Tipo IIB = atividade de curta duração e alta intensidade.

Fonte: Modificada de Saltin et al., 1977.

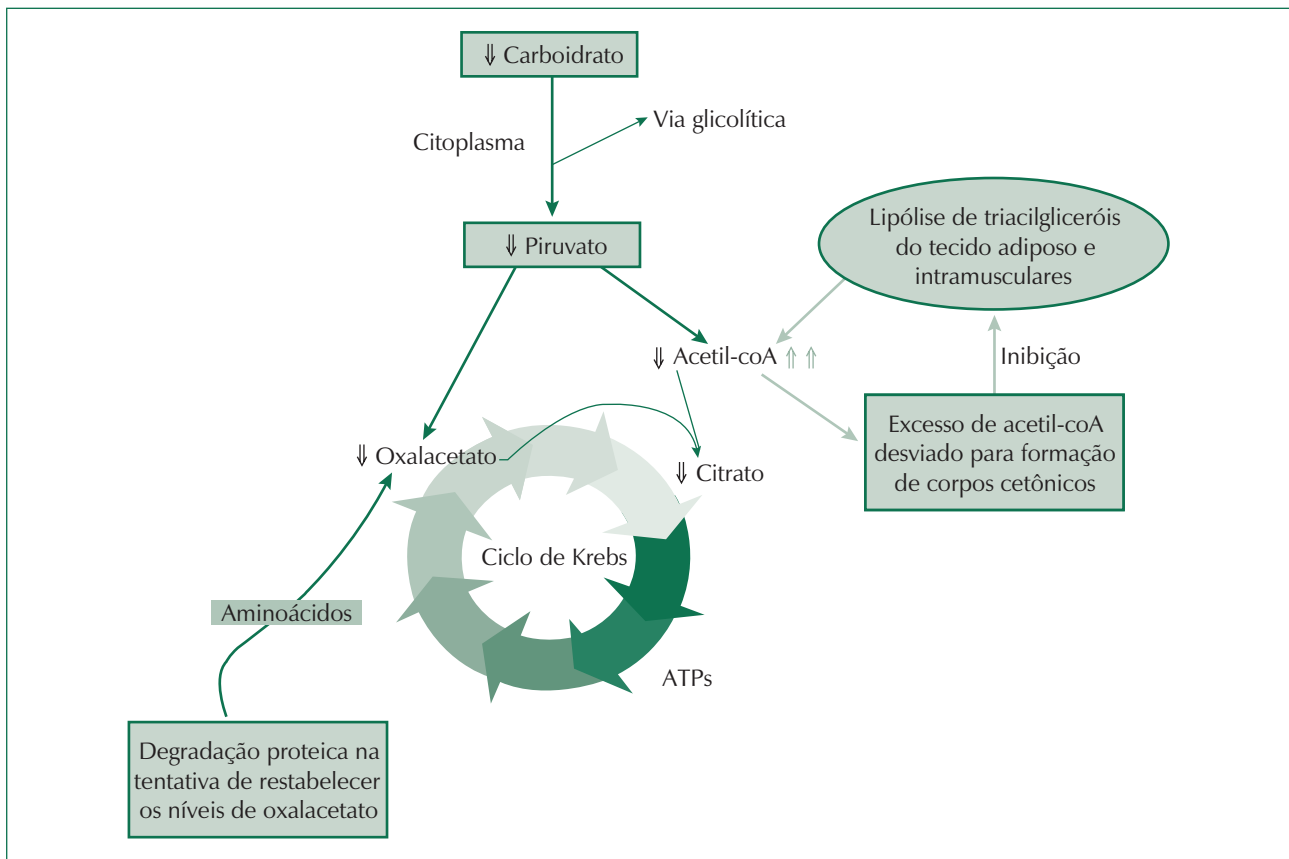


Figura 1.6. Metabolismos proteico e lipídico na restrição de carboidrato.

Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Questões propostas para estudo

1. Defina os termos “alimentos”, “nutrientes” e “nutrição”.
2. O que são nutrientes indispensáveis?
3. Quais são as leis da alimentação propostas por Pedro Escudero? Explique cada uma delas.
4. Defina os termos “caloria”, “quilocaloria”, “gasto energético basal”, “de repouso” e “total” e “metabolismo”.
5. Comente sobre a pirâmide alimentar e a estratégia *My Plate*.
6. Quais são os dez passos, propostos pelo novo guia alimentar para a população brasileira, para a garantia de uma alimentação saudável?
7. Defina os termos “atividade física”, “exercício físico”, “treinamento físico” e “esporte”.
8. Como é possível estimar o gasto e a necessidade energética de um atleta?
9. Defina MET e explique como essa ferramenta é utilizada.
10. Quais são os sistemas energéticos que vigoram durante o exercício físico? Explique cada um deles.
11. Quais os tipos de fibra muscular e suas características?
12. Por que a restrição de carboidratos não é aconselhada? Justifique com base no funcionamento do ciclo de Krebs.

Bibliografia consultada

- Ainsworth B, Haskell W, Whitt M, Irwin M, Swartz A, Strath S et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sport Exerc.* 2000;32(9):498-504.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Decreto-lei n. 986, de 21 de outubro de 1969, Brasil. 1969.
- Baker J, McCormick M, Robergs R. Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. *J Nutr Metab.* 2010;2010:1-13.
- Coelho-Ravagnani C de F, Melo FCL, Ravagnani FCP, Burini FHP, Burini RC. Estimativa do equivalente metabólico (MET) de um protocolo de exercícios físicos baseada na calorimetria indireta. *Rev Bras Med do Esporte [Internet].* 2013;19(2):134-8.
- Coqueiro A, Raizel R, Bonvini A, Hypólito T, Godois A, Pereira J et al. Effects of glutamine and alanine supplementation on central fatigue markers in rats submitted to resistance training. *Nutrients.* 2018;10(119).
- Coqueiro AY, Godois AM, Raizel R, Tirapegui J. Creatina como antioxidante em estados metabólicos envolvendo estresse oxidativo. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, v. 11, n. 64, p. 128-137, 2017.

- Cozzolino SMF, Cominetti C. Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição, nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença. São Paulo: Manole; 2013.
- Cozzolino SMF. Biodisponibilidade de nutrientes. SMF Cozzolino, ed. 3. ed. São Paulo: Manole; 2009.
- Cruzat VF, Rogero MM, Borges MC, Tirapegui J. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. *Rev Bras Med Esp* 2007;13:336-342.
- de Angelis RC, Tirapegui J. Fisiologia da nutrição humana: aspectos básicos, aplicados e funcionais. São Paulo: Atheneu; 2007. 565p.
- Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Vitamins Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies. *Food Nutr Board*. 2011;10-2.
- Finsterer J. Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise. *BMC Musculoskelet Disord* 2012;13(1):218.
- Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of the joint WHO/FAO expert. Technical Report Series, 916. Geneva, 2003.
- Hernandez AJ, Nahas RM. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica; potenciais riscos para a saúde. *Rev Bras Med do Esporte*. 2009;15(3 Suppl.):3-12.
- Kaminsky Y, Kosenko E. AMP deaminase and adenosine deaminase activities in liver and brain regions in acute ammonia intoxication and subacute toxic hepatitis. *Brain Res*. 2010;1311:175-81.
- Korzeniewski B. AMP deamination delays muscle acidification during heavy exercise and hypoxia. *J Biol Chem*. 2006;281:3057-66.
- Mahan LK, Escott-Stump S. Krause's food, nutrition & diet therapy. 9th ed. Philadelphia: W. B. Saunders; 1996. 462p.
- Ministério da Saúde. Guia alimentar para a população brasileira, 2. ed., 2014.
- Panza VP, Coelho MSPH, Di Pietro PF, Assis MAA De, Vasconcelos FDAG De. Consumo alimentar de atletas: reflexões sobre recomendações nutricionais, hábitos alimentares e métodos para avaliação do gasto e consumo energéticos. *Rev Nutr*. 2007;20:681-92.
- Philipp ST, Latterza AR, Cruz ATR, Ribeiro LC. Pirâmide alimentar adaptada: guia para escolha dos alimentos. *Rev Nutr PUCCamp* 1999;12:65-71.
- Powers S, Howley E. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 8. ed. 2014., 649p.
- Ribeiro SML, Melo CM, Tirapegui, J. Avaliação do estado nutricional: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018. 324p.
- Schilling M. Qualidade em nutrição: métodos de melhorias contínuas ao alcance de indivíduos e coletividades. São Paulo: Varela; 1995. 115p.
- Shils ME, Olson JA, Shike M. Modern nutrition in health and disease. v. 1, Philadelphia: Lea & Febiger; 1994. 923p.
- Tardido AP, Falcão MC. O impacto da modernização na transição nutricional e obesidade. *Rev Bras Nutr Clin*, 21(2):117-24, 2006.
- Tirapegui J. Nutrição: Fundamentos e aspectos atuais. 3. ed. Rio de Janeiro: Atheneu; 2013. 477p.
- Wilkinson DJ, Smeeton NJ, Watt PW. Ammonia metabolism, the brain and fatigue; Revisiting the link. *Prog Neurobiol [Internet]*. 2010;91(3):200-19.