

2ª edição

Avaliação Cardiopulmonar e Treinamento Físico

Newton Nunes



Avaliação
Cardiopulmonar
e Treinamento Físico

2ª edição



SAL
SERVICO DE ATENDIMENTO
AO LECTOR
Tel.: 08000267753

www.atheneu.com.br



(21) 99165-6768 [Facebook.com/editoraatheneu](https://www.facebook.com/editoraatheneu) [Twitter.com/editoraatheneu](https://twitter.com/editoraatheneu) [Youtube.com/atheneueditora](https://www.youtube.com/atheneueditora)

Avaliação Cardiopulmonar e Treinamento Físico

2ª edição

Newton Nunes



Rio de Janeiro • São Paulo

2023

EDITORA ATHENEU

São Paulo — Rua Maria Paula, 123 – 18º 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

CAPA: Paulo Verardo

PRODUÇÃO EDITORIAL: Arte & Ideia

**CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ**

N926a

2. ed.

Nunes, Newton

Avaliação cardiopulmonar e treinamento físico / Newton Nunes.

- 2. ed. - Rio de Janeiro : Atheneu, 2023.

il. ; 21 cm.

Inclui bibliografia e índice

ISBN 978-65-5586-673-5

1. Aptidão física - Avaliação. 2. Sistema cardiovascular - Fatores de risco. 3. Sistema cardiopulmonar. 4. Exercícios físicos. I. Título.

23-83375

CDD: 616.12

CDU: 616.12



Meri Gleice Rodrigues de Souza - Bibliotecária - CRB-7/6439

Nunes N.

Avaliação Cardiopulmonar e Treinamento Físico

©Direitos reservados à Editora Atheneu — Rio de Janeiro, São Paulo, 2023.

Autor

Newton Nunes

Graduado em Educação Física pela Universidade de São Paulo (USP) em 1992. Servidor Público do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP) desde março de 1994. Professor do Instituto do Coração (InCor-HC-FMUSP), desde março de 1994. Aprovado como Docente em Concurso Público na USP Leste em 2008 e 2009. Aprovado como Docente em Concurso Público pela Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS) em 2005. Especialista em Reabilitação Cardiovascular pelo Instituto do Coração (HC-FMUSP) (1993 a 1994).



Mestrado pela Universidade de São Paulo (USP) em 2000.

Apresentação do Mestrado no American College of Sports Medicine (Indianápolis, Estados Unidos) em 2000 e *Annals of the Journal of Hypertension* (Praga, 2002).

Doutor pela Universidade de São Paulo (USP) em 2005.

Professor Orientador Credenciado pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (FCF-USP). Professor da Universidade Gama Filho, Universidade Estácio de Sá, Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (UniFMU) e Faculdades Integradas de Santo André (FEFISA) desde 1996. Professor Convidado do Curso de Pós-graduação da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (USP) em 2002.

Ministrou mais de 500 cursos em várias cidades do Brasil.

Avaliação Cardiopulmonar e Treinamento Físico

Ministra as Disciplinas Sistema Respiratório e Atividade Física e Condicionamento Físico no Instituto do Coração (HC-FMUSP) desde 1997.

Supervisor/Colaborador do Programa de Reabilitação Cardiovascular do Instituto do Coração (HC-FMUSP) desde 1994. Professor Convidado do Curso de Pós-graduação da FCF-USP desde 2007.

Participação em 30 bancas dos Cursos de Mestrado e Doutorado na USP.

Colaborador do Curso de Pós-graduação na FCF-USP desde 2007.

Publicações: 28 publicações, sendo 18 como primeiro ou último autor.

Experiência de 28 anos como Professor no Instituto do Coração (HC-FMUSP) na Área de Fisiologia do Exercício (Sistema Respiratório e Cardiovascular), além de Bioenergética, Avaliação Física, Ergometria, Ergoespirometria, Avaliação da Composição Corporal, Prescrição de Treinamento Físico para Atletas, Metodologia da Pesquisa Científica, Reabilitação Cardiovascular e Populações Especiais.



Agradecimentos

Gostaria inicialmente de agradecer a Deus, Jesus Cristo e ao Espírito Santo pela vida que me proporcionam e pela oportunidade de criar uma obra que reflete 28 anos de experiência profissional, acadêmica e pessoal nos assuntos apresentados.

Gostaria também de agradecer à minha eterna e querida mãe, Margarida Maria Nunes, que esteve e está presente em todos os momentos da minha vida. Agradeço ao meu eterno e querido pai, Raul Nunes, por ser um grande pai e amigo, sempre me orientando com afeto ao longo da minha vida. E também à minha querida irmã, Adriana Nunes, que sempre foi uma companheira muito fiel.

Sou grato à minha esposa, Ana Paula de Oliveira Barbosa Nunes, e ao meu filho, Luiz Felipe de Oliveira Barbosa Nunes, que são fontes de inspiração e carinho em todas as minhas atividades.

Gostaria de agradecer ao meu grande amigo, Prof. Dr. Julio Orlando Tirapegui Toledo, que é um símbolo de excelência e competência na Universidade de São Paulo, além do seu reconhecimento internacional exemplar.

Não posso deixar de expressar a minha gratidão ao meu grande amigo e ex-orientador na pós-graduação da Universidade de São Paulo, Prof. Dr. Décio Mion Jr., que sempre acreditou no meu potencial ao longo dos anos em que realizei o Mestrado e Doutorado na Universidade de São Paulo.

Newton Nunes



Apresentação à 2ª edição

Avaliação Cardiopulmonar e Treinamento Físico é uma obra que tem como prioridade transmitir informações atualizadas na área da avaliação física e prescrição de treinamento. Escrita e fundamentada em publicações científicas sólidas e respeitadas. Este livro pretende criar um alicerce sólido dos princípios científicos que embasam a avaliação cardiopulmonar moderna e suas relações com o treinamento físico, abrangendo diversas populações, como cardiopatas, preventivos, condicionados e atletas. Este livro foi criado com o objetivo de proporcionar melhor compreensão sobre os métodos de avaliação física, como a ergometria e a ergoespirometria, e suas relações com o treinamento físico, relacionando as cardiopatias no âmbito dos prognósticos em condicionados e atletas sob o aspecto do desempenho humano. Além disso, este livro inclui exercícios com gabaritos para o leitor praticar o conteúdo apresentado.

A área da avaliação cardiopulmonar e do treinamento físico tem assumido um papel de grande importância no cenário mundial. No entanto, é necessário que a equipe multiprofissional envolvida tenha formação e especialização adequadas.

Nesse sentido, o livro em questão abordará os seguintes aspectos: avaliação física e prescrição de treinamento baseadas na avaliação cardiopulmonar para cardiopatas, hipertensos, obesos, idosos, diabéticos, preventivos, condicionados e atletas, seguindo as normas do American College of Sports Medicine; conceitos de ergometria e ergoespirometria: prescrição pelo limiar ventilatório e pela frequência cardíaca de reserva na preparação física de atletas, condicionados e cardiopatas; prognóstico dos pacientes por meio de variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas; reserva ventilatória no paciente cardiopata e sua interpretação pela avaliação cardiopulmonar; índice de dispneia, ventilação voluntária

Avaliação Cardiopulmonar e Treinamento Físico

máxima, potência circulatória, pulso de oxigênio, slope VE/VCO_2 e suas relações com o paciente cardiopata, OUES; avaliação cardiopulmonar e sua relação com a reabilitação cardiovascular; protocolos de teste de esforço na esteira e no cicloergômetro para cardiopatas, condicionados e atletas; tipos de fibras musculares e suas relações com o desempenho esportivo, resistência aeróbia e provas de fundo (maratona) *versus* potência anaeróbia; zonas de treinamento físico aeróbio e anaeróbio e suas relações com o desempenho fisiológico; treinamento resistido para populações especiais, metabolismo energético e condicionamento físico; zonas de substratos (lipólise, glicogenólise e proteólise) e suas relações com o treinamento físico intervalado na saúde e no rendimento esportivo.

Além disso, o livro apresentará avaliações para o leitor praticar o conteúdo apresentado, ou seja, exercícios de determinação dos limiares ventilatórios e prescrição do treinamento físico; exercícios de prescrição de treinamento físico pelo teste ergométrico e prescrição do treinamento intervalado (inclusive com Planilhas de Treinamento Físico Intervalado).

Acredito que um dos pontos fortes do livro *Avaliação Cardiopulmonar e Treinamento Físico* é apresentar diversas avaliações (ergometria e ergoespirometria) para o leitor testar seus conhecimentos após o conteúdo teórico ter sido apresentado, com as respostas apresentadas ao final dos exercícios.

Acredito fortemente que o livro *Avaliação Cardiopulmonar e Treinamento Físico* será referência para profissionais da área da saúde.



Sumário

- 1 Avaliação Cardiopulmonar, 1**
 - 2 Avaliação Cardiopulmonar: Variáveis Analisadas, 5**
 - 3 Avaliação Cardiopulmonar: Limiares Ventilatórios, 17**
 - 4 Tipos de Protocolos para Ergometria e Ergoespirometria, 23**
 - 5 Avaliação Cardiopulmonar: Definição de Exame Máximo, 37**
 - 6 Prescrição de Treinamento Físico pela Avaliação Cardiopulmonar, 39**
 - 7 Laudo e Prescrição de Treinamento Físico com Base na Avaliação Cardiopulmonar, 51**
 - 8 Prescrição de Treinamento Físico pela Frequência Cardíaca de Reserva, 71**
 - 9 Prescrição de Treinamento Físico: Esteira para Cicloergômetro, 77**
 - 10 Cálculo da Taxa Metabólica Basal, 91**
 - 11 Cálculo do Consumo Máximo de Oxigênio e Gasto Calórico na Esteira e no Cicloergômetro, 93**
 - 12 Referências Bibliográficas, 103**
- Índice Remissivo, 107**

1

Avaliação Cardiopulmonar

A avaliação cardiopulmonar ou teste ergoespirométrico é uma metodologia não invasiva que mede a capacidade máxima muscular, cardiovascular, respiratória e metabólica. Essa avaliação é realizada por sistemas computadorizados extremamente precisos e em tempo real, sendo analisadas e registradas variáveis, respiração a respiração, tanto metabólicas quanto respiratórias, como:

- consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx.), em $mL/kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e em L/min;
- consumo pico de oxigênio (VO_2 pico) em $mL/kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e em L/min;
- dióxido de carbono (VCO_2), em mL/min^{-1} ;
- ventilação pulmonar (VE), em L/min^{-1} ;
- frequência respiratória (FR) em rpm;
- volume corrente (VC) em mL/resp.;
- equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2);
- equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2);
- razão de troca respiratória entre a produção de dióxido de carbono e o consumo de oxigênio (VCO_2/VO_2);
- pressão parcial de oxigênio ao final da expiração ($PETO_2$), em mmHg;
- pressão parcial de dióxido de carbono ao final da expiração ($PETCO_2$), em mmHg;
- fração expirada de oxigênio (FEO_2) em %;
- fração expirada de dióxido de carbono ($FECO_2$) em %;
- razão entre o espaço morto funcional estimado e o volume corrente (Vd/Vt).

Avaliação Cardiopulmonar e Treinamento Físico

As principais aplicações da avaliação cardiopulmonar são: diagnóstico diferencial de dispneia; diagnóstico e estabelecimento de prognóstico na disfunção ventricular e insuficiência cardíaca congestiva; diagnóstico diferencial de pneumopatias; prescrição e periodização de treinamento físico em preventivos e atletas; prescrição de treinamento físico para cardiopatas e pneumopatas nos programas de reabilitação cardiovascular; avaliação funcional antes e após intervenções terapêuticas; diagnóstico e prognóstico de isquemia miocárdica e avaliação pré-operatória de cirurgias abdominais, vasculares e torácicas.²⁷

A avaliação cardiopulmonar fornece resultados sobre as respostas clínicas, eletrofisiológicas e hemodinâmicas proporcionadas pelo exercício físico progressivo e dinâmico. Ela avalia também a dispneia causada por problemas circulatórios ou ventilatórios, a capacidade física de indivíduos saudáveis e cardiopatas, estabelecendo de forma efetiva a orientação para a prescrição de treinamento físico aeróbio e anaeróbio.^{2,7,16}

Somente a partir de 1955 essa metodologia começou a ser utilizada nos protocolos de teste de esforço nos laboratórios.²²

Nesse período, com o surgimento e a criação de protocolos de teste de esforço, observou-se que os protocolos de maneira em rampa, ou seja, com o aumento de carga minuto a minuto, propiciavam um aumento ininterrupto entre a oferta de oxigênio e a demanda na musculatura esquelética, por isso foram considerados mais adequados aos pacientes, comparados aos protocolos escalonados, em que a carga aumentava a cada 2 ou 3 minutos. Além disso, a carga máxima atingida nos protocolos em rampa era superior aos protocolos escalonados. Observou-se também que a duração ideal de um teste de esforço deveria ficar entre 8 e 17 minutos, independentemente se o teste foi realizado na esteira ou no cicloergômetro. Outra constatação foi a de que a determinação dos limiares ventilatórios ficaria mais simples e objetiva nos protocolos em rampa.^{6,23,26}

Por que fazer o teste de esforço?

- Diagnosticar cardiopatia e como triagem para uma possível coronariopatia silenciosa em homens e mulheres aparentemente saudáveis.
- Reproduzir e avaliar os sintomas torácicos relacionados com o exercício.

- Realizar triagem de candidatos para programas de prevenção e reabilitação cardíaca por meio de exercício.
- Identificar respostas anormais de pressão arterial (PA).
- Avaliar a eficácia das intervenções com medicamentos.
- Definir a capacidade aeróbia, avaliar seu nível com relação aos padrões normais e a prescrição de exercícios.

