

FRANCIELE MARQUES VANDERLEI

**EFEITOS DE DIFERENTES TIPOS DE HIDRATAÇÃO SOBRE
A MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA E
PARÂMETROS CARDIORRESPIRATÓRIOS DE JOVENS EM
EXERCÍCIO E RECUPERAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em Ciências.

SÃO PAULO

2014

FRANCIELE MARQUES VANDERLEI

**EFEITOS DE DIFERENTES TIPOS DE HIDRATAÇÃO SOBRE
A MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA E
PARÂMETROS CARDIORRESPIRATÓRIOS DE JOVENS EM
EXERCÍCIO E RECUPERAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Cardiologia da Universidade Federal de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Ciências
Orientador: Prof. Dr. Celso Ferreira

SÃO PAULO

2014

Ficha Catalográfica

Vanderlei, Franciele Marques.

Efeitos de diferentes tipos de hidratação sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiorrespiratórios de jovens em exercício e recuperação / Franciele Marques Vanderlei – São Paulo, 2014.

137p.

Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-graduação em Cardiologia.

Título em inglês: Effects of different types of hydration on cardiac autonomic modulation and cardiorespiratory parameters in youth exercise and recovery. In: doctoral thesis.

1. exercício aeróbico. 2. soluções para reidratação. 3. sistema nervoso autônomo. 4. recuperação de função fisiológica. 5. variabilidade da frequência cardíaca.

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida **exclusivamente** para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano a tese.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO - UNIFESP

ESCOLA PAULISTA DE MEDICINA – EPM

Departamento de Medicina

Disciplina de Cardiologia

Chefe do Departamento de Medicina: Profa. Dra. Maria Teresa Zanella

Chefe da Disciplina de Cardiologia: Prof. Dr. Angelo Amato Vincenzo de Paola

Coordenador do Curso de Pós-graduação: Prof. Dr. Valdir Ambrósio Moisés

São Paulo

2014

COMPOSIÇÃO DA BANCA AVALIADORA

VANDERLEI, Franciele Marques. Efeitos de diferentes tipos de hidratação sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiorrespiratórios de jovens em exercício e recuperação. (Effects of different types of hydration on cardiac autonomic modulation and cardiorespiratory parameters in youth exercise and recovery). In: tese de doutorado (Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina). São Paulo, 2014.

Presidente da banca:

Nome: **Prof. Dr. Celso Ferreira**

Titulação: Professor Associado do Departamento de Medicina, Disciplina de Cardiologia da Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP/São Paulo.

Membros titulares:

Nome: **Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre**

Titulação: Professor Assistente Livre Docente do Departamento de Fisioterapia da Universidade Estadual Paulista, UNESP/Presidente Prudente.

Nome: **Prof. Dr. Vitor Engrácia Valenti**

Titulação: Professor Assistente do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Estadual Paulista, UNESP/Marília.

Nome: **Prof. Dr. Rodrigo Raimundo Daminello**

Titulação: Professor Titular do Setor de Reabilitação Cardiovascular e Pulmonar da Faculdades Metropolitanas Unidas, FMU, São Paulo

Nome: **Prof. Dr. Edson Stefanini**

Titulação: Professor Doutor do Departamento de Medicina da Disciplina de Cardiologia da Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP/São Paulo.

Membros suplentes:

Nome: **Prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu**

Titulação: Professor Assistente Livre Docente do Departamento de Morfologia e Fisiologia da Faculdade de Medicina do ABC, FMABC/Santo André.

Nome: **Prof. Dr. João Chaker Saba**

Titulação: Professor Adjunto do Departamento de Medicina da Disciplina de Cardiologia da Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP/São Paulo.

Dedicatória

*Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida meus pais Luiz Carlos e
Derci e meus irmãos Talita e Rafael. Obrigada pelo apoio, exemplo, incentivo, compreensão e amor.
Vocês são meus maiores incentivadores em tudo na minha vida!*

Agradecimientos

Agradeço a Deus em primeiro lugar por ser sempre uma luz no meu caminho e um apoio nas horas mais difíceis.

Sovamente agradeço à minha família Mãe, Pai, Talita, Rafa, vó Diva, vó Maria e vó Luiz (in memoriam), pelo apoio e dedicação. Obrigado por acreditarem e confiarem em mim! Em especial ao meu tio Wagner, por ter me recebido em sua casa de braços abertos por esse período que fiquei em São Paulo. Muito obrigada!

Ao meu noivo Vinicius que cruzou meu caminho durante minha formação profissional e, que com certeza foi em muitos momentos minha maior motivação de seguir em frente a caminho dos meus sonhos, sempre me incentivando, apoiando e sendo a minha base forte. Essa conquista também é dele, pois somos um só.

Agradeço ao meu orientador prof. Dr. Celso Ferreira pela oportunidade que me deu durante esses anos. Muito obrigado por compartilhar comigo o seu conhecimento e a sua sabedoria.

À Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina pela oportunidade de estar em renomada instituição.

Ao prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu pelo conhecimento que proporcionou o meu crescimento profissional e principalmente pessoal.

Ao prof. Dr. Augusto Cesinando de Carvalho que me iniciou no âmbito científico e ao Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre por aperfeiçoar meus conhecimentos e sempre me incentivar.

Ao prof. Dr. Luiz Carlos Marques Wanderlei pela disposição e ajuda nas correções dessa tese, além de todos os conselhos.

Aos amigos e parceiros de faculdade, especialmente ao Laboratório de Delimitação e Escrita Científica e ao Laboratório de Fisiologia do Estresse, pela convivência e companheirismo. Em especial, agradeço imensamente à Isadora por compartilhar os dados da pesquisa e pelos momentos que passamos juntas e à Tatiana por ser sido a pioneira dos alunos de Presidente Prudente a vir estudar em

São Paulo.

Aos voluntários que participaram da pesquisa, pela paciência, colaboração e disponibilidade.

À Renata, pelo carinho e torcida sincera, pela convivência (mesmo que distante e por telefone) e, sobretudo pela amizade. E à Aline que mesmo de longe torce pelo meu sucesso!

A Capes, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, e a Fapesp, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (processo nº 2013/04543-9), pelo apoio financeiro.

E por fim, agradeço a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a consumação deste trabalho. Muito obrigada!

Fran

"A lealdade é um dos pilares que sustentam o real valor do homem"

Autor desconhecido

Introdução: a hidratação tem um papel fundamental na manutenção das funções fisiológicas exigidas pelo exercício. No entanto não estão esclarecidos quais são os efeitos que a reposição com água e com solução isotônica promovem no comportamento do sistema nervoso autônomo e nos parâmetros cardiorrespiratórios durante exercício submáximo e sua recuperação. **Objetivo:** comparar os efeitos da ingestão de água e solução isotônica sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiorrespiratórios de jovens durante e após um exercício aeróbico submáximo. **Método:** trinta e um jovens ativos saudáveis foram submetidos a um protocolo composto de quatro etapas: i) teste incremental para determinação da carga da esteira ergométrica a ser utilizada nas etapas subsequentes; ii) protocolo controle sem hidratação (PC); iii) protocolo com ingestão de água (PH1); iv) protocolo com ingestão de solução isotônica (PH2). Os voluntários foram submetidos a 10 minutos de repouso em supino, 90 minutos de exercício em esteira ergométrica a 60% do $VO_{2\text{pico}}$ e 60 minutos de recuperação em repouso na posição supina. A hidratação ocorreu durante e após o exercício, a cada 15 minutos, a partir do 15º minuto de exercício, sendo a quantidade ingerida proporcional à massa corporal perdida no PC. Os parâmetros frequência cardíaca (FC), pressões arteriais sistólica e diastólica (PAS e PAD), frequência respiratória (f) e saturação de oxigênio (SpO_2) foram mensurados no repouso, nos minutos 30, 60 e 90 do exercício, exceto a f, e nos tempos 1, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos da recuperação. Os índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foram analisados em momentos pré-estabelecidos com base na série de intervalos RR obtida pelo cardiófrequencímetro. **Resultados:** todos os protocolos analisados durante o exercício proporcionaram um aumento da PAS e uma queda da PAD, assim como a SpO_2 que apresentou uma redução nos seus valores. Para a FC observou-se para todos os protocolos um aumento esperado. Já durante a recuperação, ambos os protocolos de hidratação, promoveram uma recuperação mais rápida da FC e manteve estável a PAS, PAD, f e SpO_2 . Para a VFC, durante o exercício observou-se um aumento da modulação simpática (SDNN, LF, SD2) e diminuição da modulação vagal (rMSSD, HF e SD1), bem como na recuperação observou-se o oposto. Além disso, os protocolos de hidratação apresentaram uma recuperação mais rápida aos valores basais dos índices de VFC. **Conclusão:** para o exercício executado as hidratações com água ou solução isotônica promoveram mudanças nos parâmetros cardiorrespiratórios e na modulação autonômica cardíaca

durante o exercício e melhoraram a recuperação, no entanto não houve diferença entre os tipos de hidratação administrada.

Palavras-chave: exercício aeróbico, soluções para reidratação, sistema nervoso autônomo, recuperação de função fisiológica, variabilidade da frequência cardíaca.

Abstract

Introduction: the hydration plays a key role in maintaining physiological functions required by the exercise. However not clear what are the effects that replacement with water and isotonic promote in the behavior of the autonomic nervous system and in the cardiorespiratory parameters during submaximal exercise and recovery.

Objective: to compare the effects of ingestion of water and isotonic solution on cardiac autonomic modulation and cardiorespiratory parameters of young people during and after submaximal aerobic exercise. **Method:** thirty-one young healthy assets were subjected to a four-step protocol: i) a test to determine the incremental load used in subsequent steps ii) a control protocol without hydration (PC) iii) an experimental protocol with water intake (PH1), iv) an experimental protocol with ingestion of isotonic (PH2). The volunteers underwent 10 minutes of supine rest, 90 minutes of exercise on a treadmill at 60% of VO₂ peak and 60 minutes of recovery at rest in the supine position. The hydration occurred during and after exercise, every 15 minutes from 15 minutes of exercise, being proportional to the amount ingested body mass lost in the PC. The parameters heart rate (HR), systolic and diastolic blood pressure (SBP and DBP), respiratory rate (RR) and oxygen saturation (SpO₂) were measured at rest, in the minutes 30, 60 and 90 of exercise, except f, and at 1, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes of recovery. The indices of heart rate variability (HRV) were analyzed in pre-determined moments based in the series of RR intervals obtained by the heart rate monitor. **Results:** all protocols examined during exercise provided a gradual increase in SBP and a decrease in DBP, as well as the SpO₂ which showed a reduction in their values. For HR was noted for all protocols an expected increase. Already during recovery, both hydration protocols, promoted a more rapid recovery of HR and remained stable SBP, DBP, RR and SpO₂. For cardiac autonomic modulation, during exercise there was an increase in sympathetic modulation (SDNN, LF, SD2) and reduction the parasympathetic modulation (rMSSD, HF and SD1), as well as recovery was observed the opposite. Furthermore, the hydration protocols showed a more rapid recovery to baseline of HRV index. **Conclusion:** for the exercise performed, the hydration with water or isotonic solution promoted changes in cardiorespiratory parameters and cardiac autonomic modulation during exercise and improved their recovery; however there was no difference between the types of hydration administered.

Keywords: exercise, rehydration solutions, autonomic nervous system, recovery of function, heart rate variability.

Sumario

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	i.
Lista de tabelas.....	iv.
Lista de quadros.....	vii.
Lista de abreviaturas e símbolos.....	ix.
TESE DE DOUTORADO.....	35.
1 Introdução.....	36.
2 Objetivos.....	40.
3 Revisão da literatura.....	41.
3.1 Termorregulação.....	41.
3.2 Equilíbrio hidroeletrólítico.....	44.
3.3 Desidratação e suas consequências.....	46.
3.4 Desidratação e exercício.....	50.
3.5 Hidratação e exercício.....	53.
3.6 Variabilidade da frequência cardíaca.....	56.
3.7 Morte súbita durante o exercício.....	63.
3.8 Influência da desidratação e hidratação na VFC.....	65.
4 Casuística e Método.....	67.
4.1 População.....	67.
4.2 Nível de atividade física.....	67.
4.3 Etapas do protocolo experimental.....	68.
4.4 Teste incremental.....	69.
4.5 Protocolo de hidratação.....	71.
4.6 Delineamento experimental.....	72.
4.7 Análise dos parâmetros cardiorrespiratórios.....	74.

4.7.1 Frequência cardíaca.....	74.
4.7.2 Pressão arterial.....	75.
4.7.3 Frequência respiratória.....	75.
4.7.4 Saturação de oxigênio.....	75.
4.8 Análise da variabilidade da frequência cardíaca.....	76.
4.8.1 Domínio do tempo.....	77.
4.8.2 Domínio da frequência.....	77.
4.8.3 <i>Plot</i> de Poincaré.....	78.
4.9 Análise estatística.....	79.
5 Resultados	81.
6 Discussão	95.
7 Conclusão	110.
Referências	101.
Anexos	127.
(ANEXO I) Questionário internacional de atividade física - versão curta.....	128.
(ANEXO II) Classificação do IPAQ.....	131.
(ANEXO III) Termo de consentimento livre e esclarecido.....	133.
(ANEXO IV) Aprovação do comitê de ética e pesquisa.....	138.
Apêndices	139.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Equipamentos utilizados para realização do teste incremental.....70.
- Figura 2.** Cardíofrequencímetro Polar Electro Oy – modelo S810i73.
- Figura 3.** Colocação do equipamento Polar S810i. (A) Colocação da cinta de captação no tórax do voluntário; (B) Colocação do monitor no punho do voluntário.....75.
- Figura 4.** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão das variáveis PAS, PAD e SpO₂ obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante o exercício.....83.
- Figura 5.** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão das variáveis PAS e PAD obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação.....84.
- Figura 6.** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão das variáveis SpO₂ e f obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação.....85.
- Figura 7.** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão da variável FC obtido nos PC, PH1 e PH2 no repouso e durante o exercício (A) e a recuperação (B).....86.
- Figura 8.** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices SDNN e rMSSD obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante o exercício.....87.
- Figura 9.** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices LF [ms²], HF [ms²], LF [nu], HF [nu] e relação LF/HF obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante o exercício.....88.
- Figura 10.** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices SD1, SD2 e relação SD1/SD2 obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante o exercício.....89.

Figura 11. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices SDNN e rMSSD obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação.....	91.
Figura 12. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices LF[ms ²], HF[ms ²], LF[nu], HF[nu] e relação LF/HF obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação.....	93.
Figura 13. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices SD1, SD2 e relação SD1/SD2 obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação.....	94.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão, mediana e valores mínimo e máximo das variáveis antropométricas e do teste incremental dos indivíduos analisados.....81.
- Tabela 2.** Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão, e mediana das variáveis peso e temperatura corporal dos indivíduos analisados nos PC, PH1 e PH2.....82.
- Tabela 3.** Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% para os índices de VFC obtidos no domínio do tempo para os protocolos PC, PH1 e PH2 em repouso e exercício.....140.
- Tabela 4.** Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% para os índices de VFC obtidos no domínio da frequência para os protocolos PC, PH1 e PH2 em repouso e exercício.....141.
- Tabela 5.** Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% dos índices obtidos do *plot* de Poincaré (SD1, SD2 e relação SD1/SD2) dos protocolos PC, PH1 e PH2 em repouso e exercício.....142.
- Tabela 6.** Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% dos índices de VFC no domínio do tempo dos protocolos PC, PH1 e PH2 nas condições de repouso e recuperação.....143.
- Tabela 7.** Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% dos índices de VFC no domínio da frequência dos protocolos PC, PH1 e PH2 nas condições de repouso e recuperação.....144.
- Tabela 8.** Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% dos índices obtidos do *plot* de Poincaré (SD1, SD2 e

relação SD1/SD2) dos protocolos PC, PH1 e PH2 nas condições de repouso e
recuperação.....146.

Lista de Quadros

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Concentração dos principais eletrólitos perdidos no suor.....	42.
Quadro 2. Definições dos índices de variabilidade da frequência cardíaca analisados no domínio do tempo.....	58.
Quadro 3. Definições dos índices de variabilidade da frequência cardíaca analisados de forma quantitativa pelo <i>plot</i> de Poincaré.....	60.

Lista de Abreviaturas e Símbolos

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ACSM	<i>American College of Sports Medicine</i>
ANOVA	Análise de variância para medidas repetidas
-ApEn	Entropia
bpm	Batimentos por minuto
Ca ²⁺	Cálcio
CAAE	Certificado de apresentação para apreciação ética
Cl ⁻	Cloro
DFA	Flutuações depuradas de tendências
f	Frequência respiratória
FC	Frequência cardíaca
FC _{pico}	Frequência cardíaca de pico
Fe	Ferro
g	Gramas
HCO ₃	Bicarbonato
HF	Alta frequência (<i>high frequency</i>)
Hz	Hertz
IPAQ	<i>International Physical Activity Questionnaire</i>
irpm	Incursões respiratórias por minuto
K ⁺	Potássio
Kg	Kilograma
l	Litros
l/dia	Litros por dia
LED	Diodo emissor de luz (<i>light emitting diode</i>)
LF	Baixa frequência (<i>low frequency</i>)

LF/HF	Razão entre a alta e a baixa frequência
l/h	Litros por hora
m	Metros
M	Momento
mEq/L	Miliequivalência por litro
min	Minutos
ml	mililitros
mmHg	Milímetros de mercúrio
mmol/L	Milimol por litro
Na ⁺	Sódio
NATA	<i>National Athletic Trainer's Association</i>
NH ₃	Amônia
nm	Nanômetro
PAD	Pressão arterial diastólica
PAS	Pressão arterial sistólica
PC	Protocolo controle
PH1	Protocolo hidratação com água
PH2	Protocolo hidratação com isotônico
pNN50	Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50 milissegundos
rMSSD	Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR normais adjacentes
RR	Intervalo entre batimentos cardíacos consecutivos
SD1	Desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento

SD2	Desvio-padrão a longo prazo dos intervalos RR contínuos
SD1/SD2	Razão entre as variações curta e longa dos intervalos RR
SDANN	Desvio-padrão das médias dos intervalos RR normais a cada 5 minutos
SDNN	Desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais
SDNNi	Média do desvio-padrão dos intervalos RR normais a cada 5 minutos
SNA	Sistema nervoso autônomo
SpO ₂	Saturação de oxigênio
Tau	Função de correlação
ULF	Ultra baixa frequência (<i>ultra low frequency</i>)
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca
VLF	Muito baixa frequência (<i>very low frequency</i>)
VO _{2máx}	Consumo de oxigênio máximo
VO _{2 pico}	Consumo de oxigênio de pico
vs	Versus
Zn	Zinco
°C	Graus Celsius
%	Porcentagem

Tese de Doutorado

1 Introdução

É conhecido, que o exercício físico prolongado pode promover um estado de hipoidratação que pode variar de grau leve a moderado ⁽¹⁾, em decorrência principalmente da elevação da temperatura corporal causada pelo aumento do gasto energético, fatores ambientais, vestimentas, entre outras condições adjacentes ⁽²⁾.

Durante o exercício prolongado e com carga de trabalho constante (consumo de oxigênio [VO₂] de 60-80%), o volume de ejeção e a pressão arterial média diminuem progressivamente, enquanto que a frequência cardíaca (FC) aumenta para manter um constante débito cardíaco. As alterações cardiovasculares durante o exercício prolongado são classicamente conhecidas como “flutuações cardiovasculares” e uma das causas é a necessidade de termorregulação para aumentar o fluxo sanguíneo cutâneo ⁽³⁾.

A regulação da temperatura corpórea, conhecida por homeostasia, dá-se pelo equilíbrio dinâmico entre a produção e dissipação do calor corpóreo. A manutenção deste equilíbrio ocorre pela integração de mecanismos, como a transpiração, que altera a transferência de calor para a periferia, regula o resfriamento por evaporação e modifica o ritmo de produção do calor corporal ^(3,4).

Altas taxas de transpiração (0,5 a 2,0 litros/hora [l/h]) são necessárias para um bom esfriamento do corpo por evaporação durante o exercício, contudo, a excessiva eliminação de água, sais e outros eletrólitos pela sudorese (1% a 3% do peso corporal), quando não repostos adequadamente, podem levar à desidratação, o que aumenta a osmolaridade, diminui a pressão sanguínea e o volume do fluido extracelular. Estes fatores diminuem a capacidade de realização do trabalho e a tolerância ao calor ⁽³⁾.

Nesta condição o desempenho físico é prejudicado e o organismo pode se deteriorar quando a perda de água se aproximar de 7% ⁽²⁾, contudo, mesmo níveis baixos de desidratação (equivalentes a uma perda de 2% do peso corporal) danificam a resposta cardiovascular e termorreguladora, e podem reduzir a capacidade para a execução de exercício físico ⁽⁵⁾.

Diferentes estudos têm apontado que a hidratação tem um papel essencial na tolerância ao exercício prolongado, sugerindo que ela promove uma melhor termorregulação e conseqüentemente proporciona uma diminuição da temperatura corporal ^(1,6), além de garantir a manutenção das funções fisiológicas e propiciar o bom funcionamento dos mecanismos homeostáticos exigidos pela prática do exercício ^(6,7), permitindo manter a pressão arterial e o débito cardíaco constantes, sustentando, assim, o aumento do fluxo sanguíneo cutâneo e regulando a taxa de suor de acordo com a temperatura corporal ⁽²⁾.

A hidratação pode ser feita por diversas formas, dentre elas água ⁽⁸⁾, solução isotônica ^(9,10), infusão de glicose pura ⁽¹¹⁾, solução de cloreto de sódio puro ⁽¹²⁾ e água de coco ⁽¹³⁾. Atualmente, os pesquisadores da área de termorregulação se esforçam para detectar possíveis vantagens e o custo/benefício, principalmente da hidratação a base de água e solução isotônica ^(2,6,7).

A ingestão de água proporciona rápido esvaziamento gástrico, sem necessidade de adaptação para a palatabilidade e baixo custo financeiro ⁽⁶⁾, enquanto que, a ingestão de carboidratos e eletrólitos presentes na solução isotônica trazem benefícios adicionais para a capacidade de desempenho, seja aumentando a disponibilidade energética, ou auxiliando no balanço hidroeletrólítico e na regulação da temperatura ⁽⁹⁾.

Recentemente, a manutenção do equilíbrio de fluidos durante ou após o exercício a partir da hidratação está sendo estudada, principalmente no que se refere à sua influência sobre o sistema cardiovascular ^(8,9,10). No entanto, poucos se propuseram a estudar os efeitos da reidratação sobre o sistema nervoso autônomo (SNA).

Sabe-se que a influência do SNA sobre o funcionamento dos diversos órgãos, aparelhos e sistemas que compõem o organismo humano é essencial para a preservação das condições do equilíbrio fisiológico interno, permitindo que o mesmo exerça, adequadamente, sua interação com o meio ambiente circundante ^(14,15). Dessa forma, ao considerarmos que o exercício físico atua como agente estressor, retirando o organismo de sua condição de homeostase e produzindo modificações desde autonômicas até metabólicas, ^(16,17), faz-se importante entender os mecanismos desencadeados com a ingestão de água e solução isotônica durante e após um esforço físico ⁽¹⁸⁾.

Uma promissora ferramenta atualmente empregada no que se refere ao estudo da modulação autonômica cardíaca é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Esse instrumento permite uma avaliação não invasiva e seletiva da função autonômica, sendo determinada por meio da análise das séries temporais dos intervalos RR que são obtidas do sinal eletrocardiográfico, cujas variações fornecem informações sobre o SNA e seu controle sobre o coração ^(19,20). Métodos lineares, analisados tanto no domínio da frequência quanto no domínio do tempo, e não-lineares podem ser utilizados para avaliação da VFC ^(21,22,23).

Em um estudo que se avaliou a modulação autonômica cardíaca quando a hipoidratação era induzida pelo exercício físico sugeriu-se que, quando o organismo está desidratado há uma inabilidade de alcançar a estabilidade autonômica

cardíaca, sendo essas variações não encontradas quando uma boa hidratação era realizada ⁽²⁴⁾.

Um recente estudo demonstrou que a ingestão de solução hidroeletrólítica (*gatorade*[®]) por jovens, durante e após a realização de atividade física submáxima de intensidade constante e longa duração, influenciou o comportamento de parâmetros cardiorrespiratórios promovendo, durante a sua realização, oscilações mínimas dessas variáveis e, durante a recuperação, retorno mais rápido das mesmas às condições basais ⁽¹⁰⁾. Ainda, o protocolo de hidratação executado, apesar de ter produzido em geral menores alterações nos índices de VFC, não foi suficiente para influenciar, significativamente, os índices lineares e não lineares durante o exercício ⁽²⁵⁾. Contudo, induziu no período de recuperação modificações significantes na modulação autonômica cardíaca, promovendo recuperação mais rápida dos índices de VFC, analisados tanto nos domínios do tempo e da frequência quanto no domínio do caos ⁽²⁵⁾.

Considerando as alterações orgânicas promovidas pela desidratação induzida por exercício, faz-se importante o estudo das alterações que podem ocorrer durante e após exercício físico aeróbico submáximo quando água ou solução isotônica são utilizadas como fonte de reposição. Busca na literatura pertinente não mostrou estudos que avaliam e comparam os efeitos dessas duas formas de hidratação sobre a VFC e os parâmetros cardiorrespiratórios quando administrada igualmente, durante o exercício e ao longo do período de recuperação. Hipotetiza-se que independente da solução de hidratação administrada, ocorra durante exercício físico menor sobrecarga dos índices de VFC e dos parâmetros cardiorrespiratórios e melhor recuperação dessas variáveis após a sua realização.

2 Objetivos

Comparar o comportamento da modulação autonômica cardíaca e dos parâmetros cardiorrespiratórios durante e após exercício aeróbico submáximo sem e com hidratação a base de água e solução isotônica.

3 Revisão da Literatura

3.1 Termorregulação

A termorregulação é considerada o conjunto dos sistemas responsáveis pela regulação da temperatura corporal, tendo como função o equilíbrio entre a produção e a dissipação de calor, para manter a temperatura corporal interna em torno de $36,5^{\circ}\text{C}$ ^(3,26,27).

O processo da termorregulação é realizado por meio de um sistema de controle fisiológico, que englobam os termorreceptores centrais e periféricos, um centro integrador e de comando e um sistema de respostas eferentes que tem a função de levar as respostas compensatórias ^(3,26).

Os impulsos térmicos aferentes provêm de receptores centrais ou periféricos, localizados ao longo do corpo, que distinguem o frio e o calor. Essas informações são integradas, via aferente, no sistema de controle central localizado no hipotálamo, que tem por função regular a temperatura do corpo ao integrar os impulsos térmicos oriundos dos tecidos corporais ^(3,26).

Após a integração no hipotálamo, são emitidas informações para os diversos órgãos ou sistemas, via eferente, promovendo ganho ou perda de calor, de acordo com o tipo de resposta estimulada. Vale destacar que, a integração das informações aferentes térmicas ocorre no hipotálamo anterior, enquanto que as respostas efetoras ocorrem no hipotálamo posterior ^(3,26).

Os receptores de calor são despolarizados quando há aumento de temperatura corporal ⁽²⁶⁾. A resposta efetora à essa condição é a dissipação do calor que ocorre por meio de mecanismos de regulação térmica que são: condução, convecção, radiação e sudorese ⁽²⁸⁾. Desses mecanismos, a sudorese é a forma mais eficiente de dissipar o excesso de calor corporal causada pela ativação

muscular ^(29,30). Este mecanismo surge, em conjunto com a vasodilatação, o aumento de FC e de volume sistólico. Com isso, há aumento do fluxo sanguíneo cutâneo que facilita a transferência do calor central para a pele ^(3,31). Quando a temperatura da pele é superior à temperatura ambiente, ocorre a sudorese, com custo energético de 580 kcal para a evaporação de 1 litro de água em um ambiente com temperatura de 33°C ⁽³²⁾.

O suor é uma solução hipotônica em relação ao plasma sanguíneo e é composto por água, eletrólitos como sódio (Na⁺), cloro (Cl⁻) e potássio (K⁺), minerais como ferro (Fe) e zinco (Zn), e outros solutos como lactato, amônia (NH₃), aminoácidos, bicarbonato (HCO₃) e cálcio (Ca²⁺) ^(33,34). Vale destacar que, as perdas de eletrólitos pelo suor dependem das perdas totais da evaporação e da concentração de eletrólitos no suor ⁽²⁾. As médias de concentração de cada eletrólito no suor, assim como as suas variações estão descritas no quadro 1.

Quadro 1. Concentração dos principais eletrólitos perdidos no suor.

Eletrólito	Média	Varição
Sódio	35 mmol/L	10 – 70 mmol/L
Potássio	5 mmol/L	3 – 15 mmol/L
Cálcio	1 mmol/L	0,3 – 2 mmol/L
Magnésio	0,8 mmol/L	0,2 – 1,5 mmol/L
Cloro	30 mmol/L	5 – 60 mmol/L

Fonte: Adaptado de Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(2):377-90 ⁽²⁾. **Legenda:** mmol/L = milimol por litro.

Em exercício, o calor é gerado pela musculatura durante a contração muscular e a quantidade produzida depende da intensidade e da duração do exercício. O calor gerado é transferido para o sangue e posteriormente para a

superfície cutânea, onde é dissipado para o ambiente ⁽³⁵⁾. A transferência de calor do corpo para o ambiente, por meio do sistema termorregulatório, durante o exercício é fundamental para diminuir a temperatura corporal para níveis compatíveis fisiologicamente ⁽²⁸⁾.

Sabe-se que a execução de exercício físico, promove o aumento na produção de calor de cinco a 20 vezes e para promover a manutenção das funções metabólicas do organismo é necessário conduzir esse calor para a periferia ⁽³¹⁾. Nessa condição, como descrito anteriormente, a evaporação pela sudorese torna-se um mecanismo importante e predominante de perda de calor ^(3,26).

A taxa de sudorese é considerada um índice da capacidade evaporativa da dissipação de calor em um determinado período, em qualquer condição ambiental e sua magnitude está relacionada com os seguintes aspectos ^(36,37):

a) Tipo de exercício físico: duração, intensidade, volume e frequência do exercício, nível de condição física e requisitos metabólicos;

b) Meio ambiente: temperatura ambiente, exposição à radiação solar, velocidade de deslocamento do ar e umidade do ar;

c) Vestuário/equipamentos utilizados: o suor tem que ser dissipado para o meio ambiente, para que a umidade junto à superfície cutânea não aumente. A utilização de várias camadas de roupa ou o uso de roupa impermeável compromete a eficácia deste mecanismo, aumentando consideravelmente o estresse térmico em ambientes quentes;

d) Organismo: predisposição genética, peso e composição corporal, sistema cardiovascular, estado de aclimação ao calor e eficiência metabólica.

Em corredores a taxa de sudorese pode variar de 1 a 2,5 l/h em ambiente quente e úmido ⁽³⁸⁾, em atletas de basquetebol de 1 a 1,6 l/h nos homens e 0,7 a 1,0

l/h nas mulheres, e, em atletas de futebol de 0,75 a 1,2 l/h em homens e 0,75 a 0,8 l/h nas mulheres ⁽³⁹⁾.

3.2 Equilíbrio hidroeletrólítico

A água é um dos constituintes fundamentais do corpo humano, sendo essencial para a homeostasia celular e para manutenção da vida. Aproximadamente 60% do peso corporal total de um indivíduo é água, com variação entre 45% a 75%. A massa muscular contém aproximadamente 70% a 75% de água, enquanto que o tecido adiposo de 10% a 40% deste composto ⁽⁴⁰⁾.

A água mantém a homeostasia física e química dos líquidos do meio intra e extracelular e intervém no mecanismo de regulação da temperatura corporal ⁽⁴¹⁾. Encontra-se distribuída pelo espaço intracelular (65% da água corporal total) e extracelular (35% da água corporal total), este último subdivide-se nos espaços intravascular ou plasmático e intersticial ⁽⁴²⁾.

A redistribuição da água entre os espaços intra e extracelular é determinada por diferença de pressão hidrostática e osmótica, causadas pelo poder osmótico de diferentes partículas ou solutos. Devido à seletiva permeabilidade das membranas que separam esses espaços, associada aos processos de transporte ativo de eletrólitos, a concentração dos eletrólitos nos espaços intra e extracelulares é diferente ⁽⁴²⁾.

A atividade osmótica dos líquidos corporais é fundamentalmente determinada pelos eletrólitos. No plasma e no líquido intersticial, o sódio e o cloro são responsáveis pela maior parte da pressão osmótica gerada, da mesma forma que o magnésio e o potássio no líquido intracelular ⁽⁴²⁾.

Manter o equilíbrio osmótico é de fundamental importância para a homeostasia corporal. Em situações normais, os líquidos são absorvidos pelo organismo pela via gastrointestinal e, posteriormente, distribuídos pelo sangue. Quando o volume de perda de água corporal é mínimo, o déficit hídrico manifesta-se fundamentalmente no espaço extracelular. A esta perda, segue-se a difusão de água do espaço intracelular para o espaço extracelular, no sentido de se restabelecer o equilíbrio osmótico ⁽⁴³⁾.

Os sais minerais são importantes reguladores metabólicos, bioquímicos e fisiológicos, assegurando a manutenção da homeostasia ⁽⁴³⁾. Exercícios prolongados induzem perdas de eletrólitos e de água, em indivíduos com equilíbrio hídrico normal ⁽⁴⁴⁾. Durante a realização de exercícios prolongados a perda hídrica pela sudorese intensa se origina nos compartimentos intra e extracelulares, provocando a hiperosmolalidade plasmática. O aumento da osmolalidade e a diminuição do volume do plasma levam à redução do fluxo sanguíneo para a pele, permitindo a hipertermia com eventuais consequências graves ⁽⁴⁵⁾.

A manutenção do equilíbrio hidroeletrólítico requer a constante integração da informação originada nos osmorreceptores hipotalâmicos e nos barorreceptores vasculares, para que a reposição de líquidos iguale ou exceda ligeiramente as perdas ⁽⁴⁶⁾. O balanço de líquidos apropriado mantém o volume sanguíneo adequado, o qual é necessário para o transporte do calor, produzido nos músculos, para a superfície cutânea, de modo a regular a temperatura corporal ⁽⁴⁶⁾. A regulação hidroeletrólítica no contexto da desidratação é feita por mecanismos que reduzem a excreção de água e sódio, estimulam a sede e controlam a ingestão e perda de água e eletrólitos ⁽⁴³⁾.

A necessidade diária de água de indivíduos saudáveis é influenciada pela atividade física e condições ambientais. Segundo a *Dietary Reference Intakes* (DRIs)⁽⁴⁰⁾, a ingestão adequada de água é igual a 3,7 l/dia e de 2,7 l/dia para os homens e mulheres, respectivamente. A atividade realizada em ambientes quentes aumenta estas necessidades diárias, podendo atingir e até mesmo ultrapassar os 6 a 8 litros diários⁽⁴⁰⁾. Aproximadamente 20% destas necessidades provêm da água presente nos alimentos sólidos e os 80% restantes são fornecidos pelas bebidas, incluindo água, leite, café, chá, sopa e bebidas desportivas⁽⁴¹⁾.

3.3 Desidratação e suas consequências

A desidratação se refere ao processo de redução da água corporal, eletrólitos e líquidos orgânicos através da urina, fezes, suor e respiração^(47,48,49) e pode tornar-se, em casos extremos, um risco para a saúde⁽⁴⁸⁾. O estado de hipoidratação é caracterizado pela hipovolemia hiperosmótica e ocorre com frequência em exercícios de longa duração, principalmente quando o ambiente é quente e a ingestão de líquidos não é suficiente para repor a perda hídrica causada pela sudorese⁽²⁾.

Segundo Barbosa e Sztajn bok⁽⁴⁹⁾ o processo de desidratação pode ser dividido em três tipos:

- Desidratação isosmótica ou isotônica: ocorre quando há perda de água e sódio em quantidades proporcionalmente iguais, sendo que o nível de sódio plasmático ($[Na^+]_{plasma}$) permanece dentro dos limites normais (entre 130 e 150 mEq/L).

- Desidratação hipotônica, hiposmótica ou hiponatrêmica: quando a perda de eletrólitos excede proporcionalmente a perda de água, sendo que a $[\text{Na}^+]_{\text{plasma}}$ é inferior a 130 mEq/L.
- Desidratação hipertônica, hiperosmótica ou hipernatrêmica: caracterizada pela maior perda de água proporcionalmente em relação à perda de eletrólitos, nesse caso, a $[\text{Na}^+]_{\text{plasma}}$ pode ultrapassar 150 mEq/L.

A desidratação está associada a vários efeitos deletérios na saúde e no bem-estar, assim como são claros os efeitos negativos no exercício ⁽⁵⁰⁾. A desidratação leva ao aumento da temperatura corporal (hipertermia) ⁽⁵¹⁾, pela redução da dissipação do calor e diminuição da sudorese ⁽⁵²⁾, e ao decréscimo da água corporal total, o que inclui o déficit de volume dos líquidos extracelular e intracelular, tal como a redução do volume de plasma sanguíneo ⁽⁵³⁾.

O decréscimo do volume plasmático leva ao aumento da FC, à redução do débito cardíaco ⁽⁵⁴⁾ e à diminuição do fluxo sanguíneo tanto cutâneo ⁽⁵⁵⁾ quanto para os músculos esqueléticos ⁽⁵⁶⁾.

Os fatores fisiológicos que contribuem para a redução do desempenho físico com a desidratação são o aumento da temperatura corporal, o aumento do esforço cardiovascular, o aumento do consumo de glicogênio e, possivelmente, a ocorrência de alterações na função do sistema nervoso central ⁽²⁾.

Em relação ao sistema cardiovascular, a perda de fluidos pela sudorese leva a um estado de hipoidratação que por sua vez pode resultar na diminuição do volume plasmático. Esse fato pode influenciar a capacidade de trabalho cardíaco durante o exercício, reduzindo o volume sistólico ⁽⁵⁷⁾. Para compensar essa condição a FC se eleva na tentativa de manter o débito cardíaco constante e, conseqüentemente, o fluxo de sangue para o suprimento das demandas metabólicas

dos músculos ativos, e também para aumentar o fluxo cutâneo, permitindo o mecanismo de termorregulação caracterizado pela diminuição da temperatura corporal por meio da transpiração ⁽⁵⁷⁾.

No entanto, quando a perda de líquido é excessiva esse mecanismo de compensação não é eficaz e um dos sinais da desidratação em exercícios prolongados é a queda do débito cardíaco e, como resultado, redução também da pressão arterial ⁽⁵⁸⁾.

Montain e Coyle ⁽⁵⁸⁾ verificaram que a elevação da temperatura corporal interna e da FC, assim como a redução do volume sistólico durante a realização do exercício relacionam-se diretamente ao grau de desidratação do praticante.

O metabolismo do músculo esquelético também poderá estar alterado, aumentando o esforço para determinada atividade ⁽⁵⁸⁾, com aumento da utilização do glicogênio e formação de mais ácido láctico ⁽⁵⁹⁾.

Segundo Astrand e Rodahl ⁽⁶⁰⁾ cada vez que a temperatura corporal se eleva em 1°C a intensidade dos processos metabólicos aumenta 13%. Em casos extremos, temperaturas corporais acima dos 40°C, além de provocarem o choque térmico, afetam a eficiência de utilização do oxigênio pelo músculo e, em temperaturas acima dos 45°C, as proteínas musculares são destruídas ⁽⁶¹⁾.

Em ambiente quente, a participação da condução, convecção e radiação decrescem acentuadamente e a evaporação do suor torna-se o principal meio para a dissipação do calor ^(2,62).

A desidratação que ocorre pelo suor aumenta a osmolalidade do plasma e diminui o volume do plasma proporcionalmente à magnitude do déficit de água corporal. A hiperosmolalidade e a hipovolemia, por sua vez, agravam a hipertermia

quando o indivíduo se expõe ao calor e/ou se envolve em exercícios prolongados (40).

Aumento do volume intracraniano (63) e redução da velocidade do fluxo sanguíneo cerebral (64) foram também associadas à desidratação. Tais alterações levarão certamente a alterações cognitivas e alterações na resposta motora, onde a marcha descoordenada é um dos sinais (64).

A desidratação causada por diuréticos, pelo exercício físico ou pela exposição ao calor leva à perda de sódio, cloro, potássio e magnésio (65). A perda de minerais e água aumenta a ocorrência de câibras musculares, no entanto, o risco parece ser maior quando a desidratação é induzida por diuréticos (65). Por outro lado, a redução da ingestão de alimentos, leva a alterações do conteúdo de glicogênio muscular e do equilíbrio ácido-base no músculo, o que pode justificar o aparecimento das câibras (50).

O risco de lesões por choque térmico é aumentado com a desidratação (2). Noakes (66) enumerou vários fatores que determinam o risco para o choque térmico, o qual, não está associado com o nível de desidratação durante o exercício físico, mas com a taxa de produção de calor e a capacidade do ambiente em absorver este calor. O choque térmico surgiria quando a taxa de produção de calor excedesse a capacidade corporal de perder calor.

Em síntese, as respostas normais e aceitáveis ao estresse térmico são a elevação da temperatura corporal, o aumento da FC e a perda de água pela sudorese. Se ultrapassados os limites fisiológicos surgirão alterações deletérias, que poderão conduzir a grande morbidade e até mesmo à morte súbita.

3.4 Desidratação e exercício

O exercício físico pode ser realizado nas mais diversas condições ambientais, como em altas ou baixas temperaturas e ambientes úmidos ou secos. Dependendo da condição, o organismo sofre uma maior ou menor perda de água e eletrólitos durante sua execução ⁽²⁾. Durante a prática desportiva os atletas podem sofrer desidratação e são comuns grandes déficits de fluido corporal ^(50,51), que se não forem repostos apropriadamente, pode causar desequilíbrios homeostáticos que são prejudiciais ao rendimento e a saúde do praticante ⁽⁶⁷⁾ e podem conduzir ao estado de desidratação crônica ^(50,51). Em exercício, a alta taxa de sudorese ocasionada pela atividade física, principalmente quando esta é realizada em um ambiente quente, pode levar ao estado de hipoidratação ⁽⁶²⁾.

Há evidências científicas, de que o estado de hipoidratação aumenta o estresse fisiológico promovido pela elevação da temperatura corporal central ⁽⁵⁷⁾. Níveis de desidratação maiores que 2% da perda de peso corporal podem afetar significativamente o desempenho mental e cognitivo durante o exercício ^(2,67), além disso, perdas maiores que 2% podem proporcionar diminuição da capacidade de desempenho motor ⁽²⁾.

Para a manutenção da temperatura interna em valores fisiológicos, o organismo recorre a diferentes formas de amenizar o estresse provocado pelo calor, seja por meio da ingestão de líquidos, imersão ou banho em água fria ou procura de ambientes frescos que irão contribuir com os mecanismos termorregulatórios ^(2,62). Segundo Guimarães e Silami-Garcia ⁽⁶⁸⁾ a atenuação da elevação ou a manutenção da temperatura corporal nos valores ideais por meio de técnicas de resfriamento, pode proporcionar maior tolerância à atividade física no calor.

A prática de exercícios de longa duração no calor pode provocar uma perda de volumes consideráveis de água e eletrólitos, principalmente pelo suor, aumentando a osmolalidade plasmática, pelo fato do suor ser hipotônico em relação ao plasma ⁽⁶⁹⁾. Essa perda de água está relacionada à intensidade do exercício, estado de aclimatação, vestimenta e estado de hidratação basal de cada indivíduo ⁽⁶²⁾.

Nesse contexto, diversas funções fisiológicas podem ser afetadas, como alterações cardiovasculares e termorregulatórias ^(70,71) que podem interferir no desempenho físico ^(70,72,73). Assim, a realização de atividade física prolongada especialmente em clima quente, exige um maior consumo de líquidos diários para suprir as perdas ocasionadas pelo suor ⁽⁷⁴⁾.

Moquin e Mazzeo ⁽⁷⁵⁾ associaram os efeitos da desidratação com a diminuição do rendimento no exercício físico. Desde 1958, Buskirk et al. ⁽⁷⁶⁾ demonstraram que a desidratação correspondente a 2% do peso corporal, pode afetar o rendimento durante o exercício físico ⁽⁷⁶⁾.

Atletas que iniciam competições em estado de desidratação estão em desvantagem competitiva ⁽⁷⁷⁾. Armstrong et al. ⁽⁷⁸⁾ avaliaram atletas que correram distâncias de 5.000 e 10.000 metros nas condições de hidratação normal e de desidratação e observaram que quando a desidratação atingiu aproximadamente 2% do peso corporal (induzida com um diurético administrado antes do exercício), a velocidade na corrida diminuiu significativamente (6% a 7%) em ambos os casos. A desidratação é um fator importante a ser considerado quando o intuito é maximizar o rendimento muscular em atletas, tendo em conta que esta pode prejudicar o desempenho ⁽⁷⁹⁾.

Mais recentemente, Chevront et al. ⁽⁸⁰⁾ confirmaram que o déficit de água superior a 2% do peso corporal, leva à redução do rendimento em exercícios de resistência. Este valor de 2% tem sido citado como um valor de referência, a partir do qual os exercícios aeróbios e o rendimento cognitivo e mental ficam afetados ^(5,81).

Maughan ⁽⁸¹⁾ relata que a perda de 5% do peso corporal compromete o rendimento em 30%. Já Nielsen et al. ⁽⁵³⁾, referem que a perda de líquidos correspondente a 2,5% do peso corporal resulta na queda de 45% na capacidade para realizar exercício de alta intensidade.

Vale destacar que, o comprometimento no rendimento causado pela desidratação depende da percentagem de perda, da tolerância individual a esta desidratação e da temperatura ambiente ⁽⁸²⁾.

A desidratação de cerca de 3% do peso corporal tem pouca influência sobre a diminuição do desempenho em exercícios aeróbios se praticados em ambiente frio ⁽⁸²⁾. Shirreffs ⁽⁸³⁾ considera que o indivíduo tolera perdas de água corporal até 2% do seu peso sem risco significativo para a saúde ou para o rendimento nos exercícios de resistência aeróbia, isto quando a temperatura ambiente é baixa (5 a 10°C) ou temperada (20 a 22°C). No entanto, quando o exercício é praticado em ambientes quentes (temperaturas iguais ou superiores a 30°C), a desidratação correspondente a 2% do peso corporal, prejudica o rendimento no exercício e aumenta a possibilidade de sofrer agressão térmica.

A perda de água corporal igual a 20% do peso corporal poderá causar a morte súbita, enquanto a perda de 10% causa modificações funcionais gravíssimas ⁽⁴¹⁾. Irving et al. ⁽⁸⁴⁾, referem o caso de um participante numa ultra maratona de 88 km, o qual apresentou anúria após ter perdido 11% do peso corporal.

3.5 Hidratação e exercício

A hidratação prévia, bem como a reidratação pós-exercício tem se mostrado eficazes na tentativa de reduzir os prejuízos promovidos pela perda de água pelo exercício. Nesse sentido, a ingestão de fluidos durante a execução do exercício é capaz de aumentar o fluxo sanguíneo para a pele, melhorando o controle da temperatura corporal ⁽⁵⁸⁾. Além disso, melhora no rendimento físico quando o praticante se hidrata previamente e se reidrata durante o exercício foram relatados na literatura ^(2,85).

Em relação aos aspectos cardiovasculares, a ingestão de líquidos em repouso promove algumas alterações nessa função. Callegaro et al. ⁽⁸⁶⁾ observaram que até 35 minutos após a ingestão de 500 ml de água, as pressões arteriais sistólica e diastólica e a resistência vascular periférica aumentavam, enquanto que, a FC diminuía. Os autores sugeriram que a ingestão de água leva a um aumento da atividade simpática vasoconstritora e, conseqüentemente, da pressão arterial desencadeando uma resposta reflexa de estímulo à modulação vagal cardíaca, reduzindo a FC ⁽⁸⁶⁾. Quando a água é ingerida durante o exercício, a hidratação parece reduzir o aumento da FC e a diminuição do volume sistólico ⁽²⁾.

Em indivíduos que realizaram duas horas de exercício sem a reposição de fluidos, foi observada uma redução do volume de ejeção de 15 a 28% e do débito cardíaco de 7% a 14%, além de aumento da FC de 10% a 19% ^(11,87). Quando era fornecida água, o volume de ejeção não se alterava, enquanto que o débito cardíaco aumentava em 7% e a FC em 5% ⁽¹¹⁾. Quando uma solução hidroeletrólítica (*gatorade*) era administrada, o volume de ejeção também não se alterava, enquanto que o débito cardíaco e a FC aumentavam, respectivamente, 3% e 6% ⁽⁸⁷⁾.

Charkoudian et al. ⁽⁸⁸⁾ estudaram a influência da hipoidratação após 90 minutos de exercício no calor sob a função cardiovascular. Como casuísta 13 indivíduos foram submetidos a infusões de nitroprussiato (doador exógeno de óxido nítrico) e fenilefrina (agonista alfa-adrenérgico) para avaliar a resposta dos barorreceptores. Quando os indivíduos foram hipoidratados (1,6% de perda da massa corporal), a sensibilidade dos barorreceptores cardíacos diminuiu em comparação aos euidratados. Além disso, a restauração do volume plasmático por meio da infusão de solução salina não restaurou imediatamente as respostas fisiológicas na recuperação.

Dessa forma, uma boa hidratação para iniciar um exercício físico, e uma reposição hídrica durante e após essa atividade parece ser de grande importância para a saúde e o desempenho do praticante ⁽⁸⁶⁾.

A finalidade da pré-hidratação é permitir que o indivíduo inicie a atividade física euidratado e com níveis normais de eletrólitos no plasma e para garantir essa euidratação, recomenda-se que, até quatro horas antes de iniciar o exercício, o indivíduo tenha ingerido entre cinco e sete mililitros (ml) de água por quilogramas (Kg) de massa corporal ⁽²⁾.

A hidratação durante o exercício é recomendada para evitar a desidratação excessiva e as alterações demasiadas no equilíbrio eletrolítico, com consequente perda de desempenho ⁽²⁾. A quantidade e a frequência de reposição de líquido dependem da taxa de sudorese e da intensidade e duração do exercício, além das variáveis ambientais. Em geral, recomenda-se para exercícios de longa duração (mais de uma hora), a reposição de em média 400 a 800 ml de água para cada hora de esforço ⁽⁶⁷⁾.

A reidratação após o exercício tem por objetivo a reposição dos líquidos e eletrólitos perdidos. A recomendação é que se reponha entre 450 ml a 675 ml de líquido para cada 0,5 Kg perdido de peso corporal ou cerca de 1 ml de líquido para cada grama de massa corporal perdida ⁽⁶⁷⁾.

As recomendações mais recentes sobre reposição de fluidos foram elaboradas pelo *American College of Sports Medicine (ACSM)* ⁽²⁾, e apontam para intervenções antes, durante e após o exercício físico, com o intuito de manter o praticante o mais hidratado possível, sendo:

- i. Recomenda-se que os indivíduos ingiram em torno de 500 ml de líquidos nas duas horas que antecedem um exercício, para promover uma hidratação adequada e haver tempo suficiente para excreção da água ingerida em excesso.
- ii. Durante o exercício, os atletas devem começar a beber o mais rapidamente possível e em intervalos regulares, com o objetivo de consumir líquidos em uma taxa suficiente para repor toda a água perdida através do suor, ou consumir a maior quantidade tolerada.
- iii. Recomenda-se que os líquidos sejam ingeridos em uma temperatura menor do que a ambiente (entre 15 e 22°C) e com sabor atraente.
- iv. Recomenda-se a adição de quantidades adequadas de carboidratos e eletrólitos para eventos com duração maior do que uma hora, já que não prejudica a distribuição de água pelo organismo e melhora o desempenho. Durante exercícios com duração inferior a uma hora, há pouca evidência de que haja diferenças fisiológicas em termos de desempenho caso sejam consumidos líquidos com carboidratos e eletrólitos ou água.

- v. Recomenda-se a adição de sódio (0,5 a 0,7g.L⁻¹ de água) na solução de reidratação se o exercício durar mais do que uma hora. Isto pode ser vantajoso por melhorar o gosto, promovendo a retenção de líquidos e possivelmente revertendo a hiponatremia em alguns indivíduos que tenham ingerido quantidades excessivas de líquidos.

A *National Athletic Trainer's Association* [NATA] ⁽⁶²⁾ também faz recomendações acerca da reposição de líquidos para atletas, as quais se assemelham às do ACSM, principalmente no que diz respeito ao volume a ser ingerido. Segundo a NATA, para assegurar o estado de hidratação, os atletas devem ingerir aproximadamente 500 a 600 ml de água ou outra bebida esportiva duas a três horas antes do exercício e 200 a 300 ml de 10 a 20 minutos antes do exercício. A reposição de líquidos deve se aproximar das perdas ocorridas pelo suor e pela urina.

3.6 Variabilidade da frequência cardíaca

O coração possui um sistema de condução constituído por fibras especializadas, as quais produzem e transmitem os estímulos elétricos que dão origem às contrações sincrônicas e rítmicas do músculo cardíaco. A frequência de disparos destas fibras, em especial aquelas localizadas no nódulo sinoatrial, é modulada pelos ramos simpático e parassimpático do SNA, que regulam o ritmo dos batimentos cardíacos de acordo com as necessidades metabólicas e teciduais do organismo ⁽⁸⁹⁾.

A atividade simpática e parassimpática direcionadas ao nódulo sinoatrial é caracterizada por estímulos altamente sincronizados com os batimentos do coração ⁽⁹⁰⁾. Essa atividade depende de informações que partem, dentre outros, dos

barorreceptores, quimiorreceptores, receptores atriais, receptores ventriculares, modificações do sistema respiratório, sistema vasomotor, sistema renina-angiotensina-aldosterona e sistema termorregulador ^(91,92).

Em função dessa modulação a despolarização das fibras cardíacas sofre constante influência do SNA, apresentando comportamento variável em cada ciclo cardíaco ⁽⁹³⁾. O aumento da frequência de disparo é consequência da maior ação da via simpática e da menor modulação parassimpática, enquanto que, a sua redução depende basicamente do predomínio da modulação vagal ^(21,22,91).

Dessa forma os batimentos do coração variam constantemente e indicam a habilidade do coração em responder aos múltiplos estímulos fisiológicos e ambientais, dentre eles, respiração, exercício físico, estresse mental, alterações hemodinâmicas e metabólicas, sono e ortostatismo, bem como em compensar desordens induzidas por doenças ^(21,22, 94,95,96).

O termo VFC surgiu do estudo deste comportamento, por meio da análise das oscilações nos batimentos cardíacos consecutivos, assim, a FC se tornou uma importante alternativa não invasiva para o estudo da modulação do sistema autonômico ⁽⁹³⁾.

Portanto, a VFC descreve as oscilações dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos RR), que estão relacionadas às influências do SNA sobre o nódulo sinoatrial, sendo uma medida não-invasiva, que pode ser utilizada para identificar fenômenos relacionados ao SNA em indivíduos saudáveis, atletas e portadores de doenças ^(20,22,23).

Para análise da VFC, índices obtidos por meio de métodos lineares, analisado nos domínios do tempo e da frequência, e métodos não lineares podem ser utilizados ⁽⁹⁷⁾.

Dentre os métodos lineares, as medidas no domínio do tempo são obtidas por meio de cálculos estatísticos ou geométricos, desprezando-se os artefatos e as ectopias, a partir de registros contínuos dos intervalos RR normais e são expressos em milissegundos ^(98,99).

Os índices analisados por meio de métodos estatísticos podem ser divididos em duas categorias: índices baseados na medida dos intervalos RR individuais (SDNN, SDANN e SDNNi), que refletem a modulação parassimpática e simpática caracterizando a variabilidade global, e índices baseados na diferença entre dois intervalos RR adjacentes (rMSSD e pNN50), os quais demonstram o predomínio vagal ^(100,101). As definições desses índices podem ser visualizadas no quadro 2 ^(100,101).

Quadro 2. Definições dos índices de VFC analisados no domínio do tempo.

Índices	Definições
SDNN	Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em milissegundos.
SDANN	Representa o desvio padrão das médias dos intervalos RR normais, a cada 5 minutos, em um intervalo de tempo, expresso em milissegundos.
SDNNi	É a média do desvio padrão dos intervalos RR normais a cada 5 minutos, expresso em milissegundos.
rMSSD	É a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em milissegundos.
pNN50	Representa a porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50 milissegundos.

Fonte: Retirado de Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. Rev Bras Cir Cardiovasc 2009;24(2):205-17 ⁽¹⁰¹⁾.

Os índices analisados por meio de métodos geométricos apresentam os intervalos RR em padrões geométricos e várias aproximações são usadas para

derivar as medidas de VFC a partir delas ^(21,22). O índice triangular e o *plot* de Poincaré (ou plotagem de Lorenz) são os mais conhecidos.

O índice triangular é calculado a partir da construção de um histograma de densidade dos intervalos RR normais, o qual contém no eixo horizontal (eixo x) o comprimento dos intervalos RR e no eixo vertical (eixo y) a frequência com que cada um deles ocorreu. A união dos pontos das colunas do histograma forma uma figura semelhante a um triângulo e a largura da base deste triângulo expressa a variabilidade dos intervalos RR. O índice triangular pode ser calculado dividindo-se a área (corresponde ao número total de intervalos RR utilizados para construir a figura) e a altura (corresponde ao número de intervalos RR com frequência modal) do triângulo ^(21,100,102).

O *plot* de Poincaré é uma representação gráfica bidimensional da correlação entre intervalos RR consecutivos, no qual cada intervalo RR é plotado contra o próximo intervalo ^(103,104). Este método tem sido considerado por alguns autores como baseada na dinâmica não linear ⁽¹⁰⁴⁾.

O *plot* de Poincaré pode ser analisado de forma qualitativa pela avaliação da figura formada pelo seu atrator, a qual mostra o grau de complexidade dos intervalos RR ⁽¹⁰⁵⁾, ou quantitativa, por meio dos índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2, os quais são obtidos pelo ajuste da elipse da figura formada pelo atrator ^(106,107). As definições desses índices podem ser visualizadas no quadro 3 ^(100,101).

Quadro 3. Definições dos índices de VFC analisados de forma quantitativa pelo *plot* de Poincaré.

Índices	Definições
SD1	Dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade e parece ser um índice de registro instantânea da variabilidade batimento a batimento.
SD2	Dispersão dos pontos ao longo da linha de identidade e representa a VFC em registro de longa duração.
SD1/SD2	Razão entre as variações curta e longa dos intervalos RR.

Fonte: Retirado de Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. Rev Bras Cir Cardiovasc 2009;24(2):205-17 ⁽¹⁰¹⁾.

A análise da VFC no domínio da frequência é outra forma de avaliar o comportamento das oscilações da FC. Nesse método os índices são obtidos por meio da interpretação da densidade do espectro de potência que descreve a distribuição da densidade (variância) em função da frequência ⁽⁹⁹⁾.

Os algoritmos matemáticos utilizados para esse tipo de análise são os modelos auto-regressivos (método paramétrico) ou a transformada rápida de *Fourier* (método não paramétrico). A partir desses, são obtidos quatro tipos de bandas de frequência ^(98,99):

- a) Alta frequência (*high frequency* - HF): Compreendida entre a faixa de 0,15 a 0,40 Hz, mediada pelo SNA parassimpático e sincronizada pela respiração;
- b) Baixa frequência (*low frequency* - LF): Abrange a faixa entre 0,04 a 0,15 Hz modulada tanto pelo simpático quanto pelo parassimpático, correlacionada ao sistema barorreceptor;
- c) Muito baixa frequência (*very low frequency* - VLF): Contida na faixa de 0,01 a 0,04 Hz, refletindo o sistema termorregulador e o sistema renina-angiotensina;

d) Ultra baixa frequência (*ultra low frequency* - ULF): Compreendida entre 10^{-5} a 10^{-2} Hz e sua correspondência fisiológica pode estar relacionada ao ritmo circadiano, neuroendócrinos, dentre outros.

De forma complementar, alguns estudos tem mostrado que a caracterização do balanço simpato-vagal na avaliação do controle autonômico da FC pode ser obtida utilizando-se a razão LF/HF, que reflete as interações absolutas e relativas entre os componentes simpático e parassimpático do SNA ^(20,108).

A normalização dos dados da análise espectral pode ser utilizada para minimizar os efeitos das alterações da banda de VLF. Essa é determinada a partir da divisão da potência de um dado componente (LF ou HF) pelo espectro de potência total, subtraída do componente de VLF e multiplicada por 100 ^(20,108,109).

Os métodos não lineares baseiam-se na teoria do caos, ou seja, fenômenos altamente irregulares, mas não ao acaso ⁽¹⁰⁰⁾. Apesar de incipientes na área da saúde, os métodos não lineares estão auxiliando na compreensão de comportamentos de sistemas que os modelos lineares não explicam, pois existem evidências de que os mecanismos envolvidos na regulação cardiovascular provavelmente interagem entre si de modo não linear, o que têm possibilitado melhor entendimento da natureza de sistemas dinâmicos complexos que ocorrem no corpo humano tanto na saúde como na doença ⁽¹¹⁰⁾.

Dentre os métodos não lineares para análise da VFC podemos citar a análise de flutuações depuradas de tendências (DFA), a função de correlação (Tau), o expoente de Hurst, a dimensão fractal, expoente de Lyapunov, entropia (-ApEn) e os gráficos de recorrência ^(110,111).

Em resumo, a análise da VFC tem se tornado uma importante ferramenta, de aplicação simples, não-invasiva, de baixo custo financeiro e eficaz para avaliação

da modulação autonômica, aumentando a utilização clínica desta avaliação. Atualmente, os índices de VFC têm sido utilizados para compreensão de diversas condições fisiológicas como diferentes posições do corpo ^(112,113) e exercício físico ^(107,114,115).

Especificamente em relação ao exercício físico, diversos estudos analisaram indivíduos sedentários ⁽¹¹⁶⁾, treinados ⁽¹¹⁷⁾ e cardiopatas ⁽¹¹⁸⁾ durante a realização de exercício físico progressivo e observaram que o mesmo provoca uma redução no sistema nervoso parassimpático e um aumento no sistema nervoso simpático ^(107,119).

Em relação à modulação autonômica cardíaca, estudos mostram uma redução do índice HF, que reflete a atuação vagal, durante o exercício, seguida de uma elevação gradual do mesmo durante os primeiros minutos da recuperação ^(120,121,122). Perini et al. ⁽¹²³⁾ relataram ainda que o aumento da modulação vagal é responsável pela redução da FC durante o primeiro minuto da recuperação, sendo que a redução adicional desse parâmetro é de responsabilidade tanto do sistema simpático como do parassimpático.

Adicionalmente, a intensidade do exercício físico também exerce influência sob a modulação autonômica durante e no período de recuperação do mesmo. Em exercícios de baixa intensidade, a retirada vagal é a responsável pelo incremento da FC, enquanto que em exercícios de intensidades moderadas e altas, o aumento da FC resulta da retirada vagal associada com o aumento da modulação simpática ⁽¹²⁴⁾. Durante a recuperação, o retorno à valores basais da VFC ocorre mais rapidamente em exercícios de intensidade baixa a moderada quando comparado a exercícios de intensidade moderada a alta ^(122,124).

A VFC também têm sido utilizada para avaliação de diversas condições patológicas como diabetes ^(114,125), doenças pulmonar obstrutiva crônica ^(126,127), infarto agudo do miocárdio ⁽¹²⁸⁾, doença renal crônica ^(129,130), entre outras e também como forma de prognóstico em especial nas doenças cardiovasculares ⁽¹¹¹⁾.

3.7 Morte súbita durante o exercício

Atualmente, sabe-se que o exercício físico promove benefícios a diversos sistemas, dentre eles o cardiovascular. Indivíduos fisicamente ativos apresentam diminuição da FC, pressão arterial e da demanda de oxigênio para o miocárdio em intensidades submáximas de exercício, bem como o aumento do volume plasmático, da contratilidade miocárdica, da circulação coronária e do tônus venoso periférico ⁽¹³¹⁾. Além disso, a prática regular de exercício melhora o balanço autonômico cardiovascular, aumentando a modulação vagal e reduzindo a modulação simpática ⁽¹³²⁾, o que pode reduzir a incidência de morte súbita e arritmias ⁽¹³³⁾.

Define-se como morte súbita relacionada a exercício físico, a morte que ocorre quando da realização de exercícios ou até uma hora após o seu término devido a algum transtorno no funcionamento normal do sistema cardiovascular ^(134,135).

A incidência de morte súbita em atletas é entre 1:50.000 e 1:100.000 anualmente, sendo considerada 2 a 4 vezes maior quando comparado com indivíduos não atletas ⁽¹³⁶⁾. Existem diversos mecanismos que levam a morte súbita, tais como isquemia miocárdica e distúrbios de repolarização em decorrência da baixa regulação do canal de potássio, além de fatores como hipertrofia cardíaca e/ou cardiomiopatia hipertrófica, aumento do tônus simpático, defeitos genéticos, drogas e doping. Esses fatores podem desencadear arritmias e levar a morte súbita ⁽¹³⁷⁾.

Isquemia miocárdica induzida pelo esforço e condições potencialmente hipoxêmicas como acidose, desidratação, hipertermia, dentre outras, foram associadas ao risco aumentado de morte súbita durante o exercício ⁽¹³⁸⁾.

Durante o período de 1966 a 2004, foram relatados 1.101 casos de morte súbita em atletas com menos de 35 anos, sendo que 90% foram decorrentes de doenças cardiovasculares, 50% de doenças cardíacas congênitas e cardiomiopatias e 10% de doença aterosclerótica coronariana precoce ⁽¹³⁹⁾. Sadaniantz e Thompson ⁽¹⁴⁰⁾ verificaram que o risco relativo de morte súbita aumenta durante o exercício e que indivíduos que praticam exercício com menor frequência apresentam maior risco de morte súbita quando comparado com indivíduos que praticam exercícios regularmente.

Alteração na modulação autonômica cardíaca, refletida por redução da VFC além de ser apontada como um indicativo de pior prognóstico em doenças cardiovasculares ^(102,111) está relacionada ao aparecimento de arritmias ⁽¹⁴¹⁾ e morte súbita ⁽¹⁴²⁾.

Singer et al. ⁽¹⁴³⁾ verificaram que a VFC apresenta acentuada diminuição em indivíduos sobreviventes de morte súbita, o que torna o grupo de alto risco para sofrer um subsequente episódio de morte súbita. Além disso, os autores verificaram que em indivíduos que desenvolveram morte súbita durante o exame de holter, a VFC apresentou-se diminuída antes mesmo do evento súbito. Por meio desses achados, os autores concluíram que a função autonômica cardíaca está deprimida em indivíduos com tendência para o desenvolvimento de morte súbita e que essa alteração contribui para o aparecimento de instabilidades elétricas no coração. Adicionalmente, os dados sugerem que as medidas da VFC podem fornecer

informações importantes para a identificação de indivíduos com risco aumentado de morte súbita.

Molgaard et al. ⁽¹⁴⁴⁾ realizaram um estudo de seguimento por 8 anos com 260 indivíduos normais aparentemente saudáveis monitorados por holter com o intuito de verificar a VFC em possíveis mortes súbitas. Durante esse período quatro indivíduos sofreram morte súbita, sendo verificado menor VFC nos mesmos. O estudo indica que o balanço autonômico alterado pode contribuir para a morte súbita mesmo em indivíduos aparentemente saudáveis.

3.8 Influência da desidratação e hidratação na VFC

O exercício físico tem uma função estressora retirando o organismo da condição homeostásica e provocando um comportamento de modificações no funcionamento do sistema cardiovascular e em seus mecanismos de ajustes autonômicos ⁽⁸⁸⁾. Desse modo, o uso da VFC durante o exercício físico pode proporcionar uma análise não invasiva do controle neural da FC durante esse comportamento ⁽⁸⁸⁾.

Em condições de calor e umidade excessivas, as modificações em função da realização do exercício são acentuadas. A demasiada eliminação de água e eletrólitos pela sudorese, quando não repostas adequadamente, pode provocar desidratação, que por sua vez gera alterações no sistema cardiovascular ^(2,12), no metabolismo muscular, reduz a sensibilidade dos barorreceptores ⁽⁸⁸⁾, dificulta a manutenção da pressão arterial ⁽¹⁴⁵⁾, aumenta os níveis de catecolaminas circulantes e promove maior hipertermia ⁽¹⁴⁶⁾.

A hipertermia e a hipoidratação causadas pelo exercício tem sido associadas a diminuição da modulação vagal ⁽²⁴⁾. Além disso, o aumento da modulação

simpática é referido como uma consequência da hiperosmolaridade plasmática proporcionada pela desidratação ⁽¹⁴⁷⁾. Desse modo, tanto a hidratação quando a temperatura pode alterar a modulação autonômica em exercício e recuperação ⁽²⁴⁾.

Carter III et al. ⁽²⁴⁾ realizaram um estudo com cinco sujeitos nas condições euidratado e desidratado (4% de perda da massa corporal) durante 45 minutos de repouso na posição sentada, 90 minutos de exercício em cicloergômetro com intensidade equivalente a 60% do $VO_{2\text{pico}}$ e 45 minutos de recuperação em repouso pós-exercício. Como achados observou-se que a hipoidratação reduziu os índices espectrais da VFC (LF, VLF e a relação LF/HF) enquanto, que o índice HF foi significativamente maior. Apesar da hipoidratação influenciar a resposta vagal (HF) positivamente, a diminuição global da VFC e das oscilações bruscas em LF e HF observadas no período de recuperação sugerem um prejuízo global da desidratação sobre o controle autonômico cardíaco.

Moreno et al. ⁽²⁵⁾ realizaram um estudo para analisar o comportamento da VFC com a administração de solução isotônica em 31 indivíduos fisicamente ativos durante 10 minutos de repouso inicial em supino, seguido de 90 minutos de exercício submáximo em esteira ergométrica à 60% do $VO_{2\text{pico}}$ e 60 minutos de recuperação pós-exercício em supino. Os autores observaram que em exercício os índices de VFC no domínio do tempo e da frequência mostraram que o protocolo de exercício executado, independente do estado de hidratação, promoveu modificações na modulação autonômica cardíaca, caracterizada por aumento da modulação simpática e diminuição da modulação parassimpática. Enquanto que no período de recuperação o protocolo de hidratação executado induziu modificações significantes na modulação autonômica cardíaca, promovendo recuperação mais rápida dos índices de VFC.

4 Casuística e Método

4.1 População

Para a realização desse estudo foram analisados dados de 31 voluntários do sexo masculino com média de idade de $21,63 \pm 1,86$ anos, classificados como ativos pelo Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ – *International Physical Activity Questionnaire*) ⁽¹⁴⁸⁾ [Anexo I e II]. O número de voluntários selecionado garantiu um poder de teste acima de 80% com nível de significância de 5%.

Não foram incluídos no estudo voluntários que apresentaram pelo menos uma das seguintes características: tabagistas, uso de medicamentos que influenciassem a atividade autonômica do coração, etilistas, portadores de distúrbios metabólicos e/ou endócrinos conhecidos e indivíduos sedentários, insuficientemente ativos e muito ativos segundo o IPAQ. Durante a execução do protocolo experimental não foi excluído nenhum voluntário.

Os voluntários foram informados dos objetivos e procedimentos deste estudo, e após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre esclarecido [Anexo III]. Todos os procedimentos utilizados foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo via Plataforma Brasil sob número de protocolo 008104/2012 (CAAE: 02481012.0.1001.5505) e obedeceram à resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde [Anexo IV].

4.2 Nível de atividade física

O nível de atividade física destes voluntários foi avaliado por meio da aplicação do IPAQ ⁽¹⁴⁸⁾. O IPAQ é composto por perguntas que avaliam a atividade física, em uma semana normal, a qual é subdividida em atividade como meio de transporte, atividade no trabalho, exercício e esporte. Segundo a classificação do

nível de atividade física IPAQ, os indivíduos se enquadram em sedentários, insuficientemente ativos, ativos e muito ativos [Anexo II] ⁽¹⁴⁸⁾. Para a realização deste trabalho foram analisados dados de indivíduos classificados como ativos.

4.3 Etapas do protocolo experimental

Todos os voluntários foram submetidos a um protocolo experimental dividido em quatro etapas, todas realizadas em esteira ergométrica e com intervalo mínimo de 48 horas entre elas, a fim de permitir a recuperação dos voluntários, sendo elas:

I) Teste incremental para determinação do consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}). Para realização das etapas seguintes foi utilizada uma intensidade na esteira ergométrica que levasse o voluntário a 60% desse valor.

II) Protocolo controle (PC): nessa etapa os voluntários executaram 90 minutos de exercício físico com intensidade equivalente a 60% do VO_{2pico} , seguidos por 60 minutos de recuperação sem administração de hidratação.

III) Protocolo hidratação com água (PH1): nessa etapa os voluntários realizaram atividades iguais à do PC, mas com hidratação por meio de água. A quantidade de água administrada foi distribuída em 10 porções iguais dadas em intervalos regulares de 15 minutos a partir do 15º minuto de exercício até o final do período de recuperação.

IV) Protocolo hidratação com solução isotônica (PH2): nessa etapa os voluntários também realizaram atividades iguais à do PC, mas com hidratação por solução isotônica. Essa solução foi distribuída na mesma proporção que no PH1.

4.4 Teste incremental

O teste incremental realizado para determinação do $VO_{2\text{pico}}$ foi feito em esteira ergométrica (Super ATL, *Inbrasport*, Brasil; Figura 1), de acordo com o protocolo máximo de Bruce ⁽¹⁴⁹⁾. Para sua realização os voluntários foram orientados a não ingerirem bebidas alcoólicas ou à base de cafeína por quatro horas antes do teste, a consumirem refeição leve duas horas antes e a evitarem esforços físicos vigorosos no dia anterior ao teste.

Para realização do teste os voluntários permaneceram, inicialmente, em repouso na esteira ergométrica em posição ortostática para estabilização dos valores iniciais e em seguida realizaram o teste incremental, cujo protocolo promove incrementos progressivos da carga de trabalho por meio de aumentos na inclinação e velocidade da esteira a cada três minutos. Incentivo verbal foi utilizado na tentativa de obter um esforço físico máximo e o teste foi interrompido mediante exaustão voluntária.

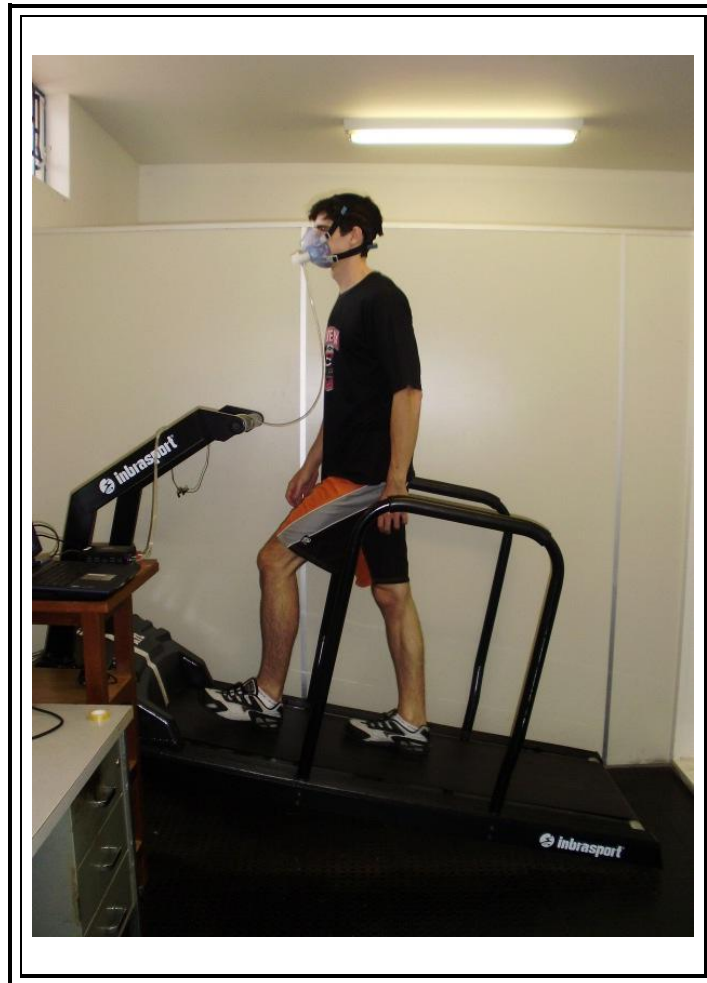


Figura 1. Equipamentos utilizados para realização do teste incremental.
Fonte: Produção do próprio autor

Para análise do $VO_{2\text{pico}}$, considerado o mais alto consumo de oxigênio atingido no teste, os gases expirados foram analisados em um sistema comercial TEEM 100 - VO 2000 (Aerosport, Ann Arbor, USA), previamente validado por Novitsky *et al.* ⁽¹⁵⁰⁾ e Wideman *et al.* ⁽¹⁵¹⁾, e periodicamente calibrado com volumes e gases de concentração conhecidos. O $VO_{2\text{pico}}$ atingido foi utilizado para determinação das cargas utilizadas nos PC, PH1 e PH2.

4.5 Protocolo de hidratação

A fim de garantir a condição de hidratação inicial, todos os voluntários ingeriram 500 ml de água duas horas antes de iniciar os protocolos ^(152,153).

A quantidade de bebida hidratante que foi administrada durante o exercício físico e a recuperação nos PH1 e PH2 foi obtida por meio da análise da perda hídrica no PC. Esta perda foi calculada por meio da diferença do peso corporal medido antes do exercício e após o período de recuperação. Essa técnica implica que um grama de massa corporal perdido equivale a um mililitro de líquido perdido (154).

No PH1 os voluntários foram hidratados com água (Vittalev, Spaipa, Brasil, composição química: bicarbonato – 62,49 mg/L, cálcio – 7,792 mg/L, carbonato – 3,91 mg/L, cloreto – 0,09 mg/L, estrôncio – 0,343 mg/L, fluoreto – 0,05 mg/L, magnésio – 0,340 mg/L, potássio – 1,485 mg/L, sódio – 16,090 mg/L e sulfato – 0,18 mg/L) e no PH2 com uma solução hidroeletrólítica comercializada mundialmente, constituída de uma mistura de carboidrato, sódio e potássio nas seguintes concentrações, respectivamente: 6%, 20 mmol.L⁻¹ e 3 mmol.L⁻¹ (155). Em ambos os protocolos os voluntários foram hidratados a cada 15 minutos e a quantidade de bebida a ser ingerida por cada voluntário foi dividida ao longo do tempo de duração de cada protocolo experimental.

A condição de hidratação dos voluntários após os protocolos experimentais foi determinada por meio da análise urinária [Choiceline 10, Roche®, Brasil] (156). Para realização deste procedimento os voluntários foram instruídos a colherem a urina em um béquer após o período de recuperação dos protocolos. A partir da densidade específica da urina, utilizada como marcador de nível de hidratação, foram considerados euidratados indivíduos que apresentaram densidade entre 1,013 e 1,029 e desidratados com valores maiores ou iguais a 1,030 (156).

4.6 Delineamento experimental

Todos os protocolos foram realizados em uma sala com temperatura média de $26,0 \pm 2,34^{\circ}\text{C}$ e umidade de $55,13 \pm 10,40\%$, entre 15 e 18 horas para evitar a variação do ciclo circadiano. A fim de reduzir a ansiedade do voluntário durante os protocolos um pequeno número de pessoas pôde circular pelo local. Para realização do teste incremental e dos protocolos os voluntários foram orientados a se alimentar com uma dieta leve e a estarem vestidos com roupas adequadas e confortáveis ao esforço físico (short, camiseta, tênis e meias). Além disso, foram também orientados a se hidratarem duas horas antes com 500 ml de água como mencionado. Após estas orientações os voluntários deram o seu consentimento por escrito e foram submetidos aos procedimentos descritos a seguir.

Em todos os protocolos realizados, ao chegarem ao local da coleta foram verificados: peso, estando os voluntários desnudos (balança digital Plenna, TIN 00139 MAXIMA, Brasil), estatura (estadiômetro ES 2020 - Sanny, Brasil) e feita a coleta de urina para análise do grau de hidratação. Em seguida, foi colocado nos voluntários um cardiofrequencímetro (Polar Electro Oy, Kempele, Finland – modelo S810i; Figura 2), para registro da FC batimento a batimento durante todo o protocolo, e os mesmos permaneceram em repouso na posição supino, durante dez minutos. No final dos dez minutos de repouso foram mensuradas temperatura axilar (termômetro BD Thermofácil, China), FC, pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência respiratória (f) e saturação de oxigênio (SpO_2).



Figura 2. Cardiófrequêncímetro Polar Electro Oy – modelo S810i .
Fonte: Produção do próprio autor

Em seguida, os voluntários executaram 90 minutos de exercício físico em esteira ergométrica com intensidade equivalente a 60% do $VO_{2\text{pico}}$ e nos minutos 30, 60 e 90 foram mensuradas FC, PAS, PAD e SpO_2 . Ao término do exercício, os voluntários foram colocados novamente em repouso na posição supina, para dar início aos 60 minutos de recuperação, e a temperatura axilar foi novamente verificada. No período de recuperação os parâmetros FC, PAS, PAD, SpO_2 e f foram mensurados nos minutos 1, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40, 50 e 60.

No PH1 e PH2 a mensuração dos parâmetros cardiorrespiratórios sempre ocorreu imediatamente após a hidratação, a qual foi executada a intervalos de 15 minutos a partir do 15º minuto do exercício físico até o final do período de recuperação.

Após o período de recuperação, os voluntários foram encaminhados a uma sala, na qual retiraram a roupa que realizaram o exercício e se enxugaram com uma toalha macia a fim de mensurar o peso estando novamente desnudos, sendo que, apenas nos PH1 e PH2 os voluntários foram orientados, após a verificação do peso

final, a colherem e analisarem a composição da urina (Choceline 10, Roche®, Brasil) para controle do seu estado de hidratação. No PC não houve a coleta de urina ao término do protocolo, pois os voluntários não foram capazes de urinar, uma vez que não receberam hidratação durante o experimento. Todos os protocolos foram realizados com um intervalo mínimo de 48 horas entre eles, a fim de permitir a recuperação do voluntário.

4.7 Análise dos parâmetros cardiorrespiratórios

4.7.1 Frequência cardíaca

A análise da FC foi feita por meio de um cardiofrequencímetro (Polar Electro Oy, Kempele, Finland – modelo S810i), equipamento previamente validado para captação da FC batimento a batimento e posterior análise da VFC ^(157,158).

Este equipamento é composto por dois eletrodos montados em um transmissor eletrônico selado que foi posicionado no tórax do voluntário, ao nível do terço distal do esterno, utilizando-se uma cinta elástica. Essas unidades telemétricas obtêm os impulsos elétricos do coração e transmitem tais informações através de um campo eletromagnético para o monitor que foi colocado no punho do voluntário (Figura 3).

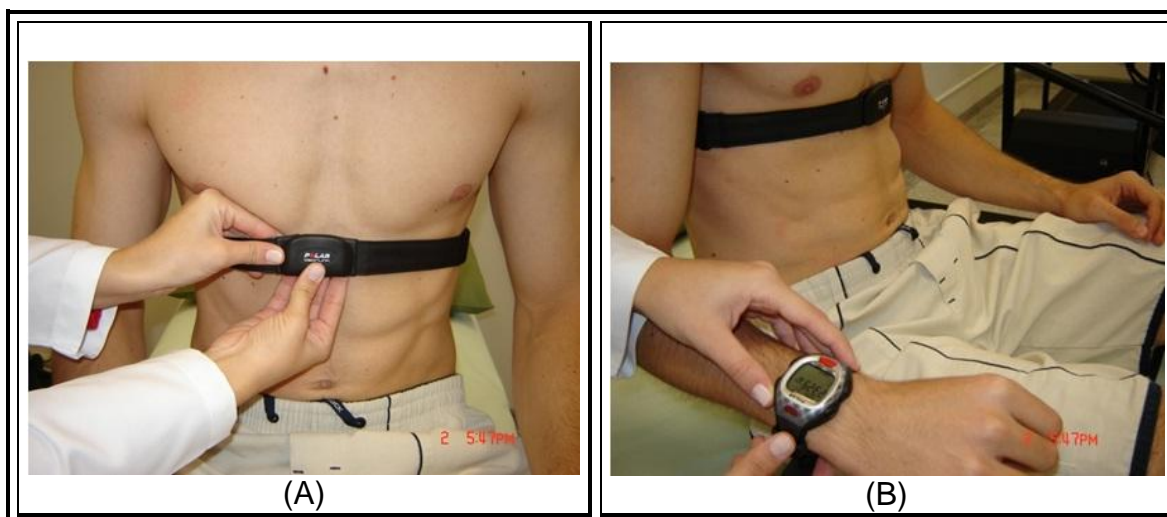


Figura 3. Colocação do equipamento Polar S810i. (A) Colocação da cinta de captação no tórax do voluntário; (B) Colocação do monitor no punho do voluntário.

Fonte: Produção do próprio autor

4.7.2 Pressão arterial

A medida da pressão arterial foi feita de forma indireta utilizando-se um estetoscópio (Littmann, Saint Paul, USA) e esfigmomanômetro aneróide (Welch Allyn - Tyco, New York, USA) no braço esquerdo dos voluntários, de acordo com os critérios estabelecidos pela VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão ⁽¹⁵⁹⁾. Para evitar erros na determinação dos valores das pressões arteriais um único avaliador fez a mensuração desse parâmetro durante todo o experimento.

4.7.3 Frequência respiratória

As medidas de f foram realizadas pela contagem das incursões respiratórias durante um minuto sem que o voluntário tomasse conhecimento do processo, para que as características usuais da respiração não fossem modificadas ⁽¹⁶⁰⁾.

4.7.4 Saturação de oxigênio

A SpO_2 foi verificada por meio de um oxímetro de pulso (Mindray PM-50 Pulse Oximeter, China). O oxímetro de pulso é um aparelho que fornece leituras da

saturação do sangue, avaliando o comportamento de absorção da oxiemoglobina e deoxiemoglobina em relação aos comprimentos de luz vermelha e infravermelha. O aparelho possui um receptáculo para acomodar a porção distal do dedo, com um dos lados contendo uma fonte de luz – composta de dois fotoemissores de luz (LED) – e do outro lado um fotodetector. Um LED emite luz vermelha ($\cong 660$ nm) e outra luz infravermelha ($\cong 940$ nm) ⁽¹⁶¹⁾.

4.8 Análise da variabilidade da frequência cardíaca

A análise da VFC foi realizada a partir da série de intervalos RR captada pelo cardiofrequencímetro Polar Electro Oy – modelo S810i e métodos lineares, analisados nos domínios do tempo e da frequência, foram utilizados para análise. Todos os índices de VFC foram obtidos por meio do *software Kubios HRV* – versão 2.0 ⁽¹⁶²⁾.

Para esta análise, a série temporal de intervalos RR foi inicialmente submetida a uma filtragem digital pelo *software Polar Precision Performance SW* (versão 4.01.029) complementada por manual, para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos, e somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo ⁽¹¹¹⁾. Por meio da análise visual das séries temporais foi observada a ausência de artefatos ou batimentos ectópicos que pudessem interferir na análise da VFC.

A série de intervalos RR foi analisada nos seguintes momentos: M1 (5 minutos finais do repouso), M2 (25^o ao 30^o minuto de exercício), M3 (55^o ao 60^o minuto de exercício), M4 (85^o ao 90^o minuto de exercício), M5 (5^o ao 10^o minuto de recuperação), M6 (15^o ao 20^o minuto de recuperação), M7 (25^o ao 30^o minuto de recuperação), M8 (40^o ao 45^o minuto de recuperação) e M9 (55^o ao 60^o minuto de

recuperação), sendo obtidos nesses trechos pelo menos 256 intervalos RR consecutivos ⁽²⁰⁾.

4.8.1 Domínio do tempo

Para análise da VFC no domínio do tempo foram utilizados os índices rMSSD e SDNN. O índice rMSSD corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os intervalos RR no registro, dividido pelo número de intervalos RR em um tempo determinado menos um intervalo RR ⁽¹⁶³⁾.

O índice de rMSSD é definido conforme apresentado na equação abaixo ⁽¹⁶³⁾:

$$RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (RR_i - RR_{i+1})^2}{N-1}}$$

Em que: RR = intervalos RR; N = número de intervalos RR na série de dados selecionados.

O SDNN é um índice que avalia o desvio padrão de todos os intervalos RR normais, apresentando correspondência com a potência total do espectro de frequência, ou seja, a variabilidade global, refletindo, portanto, a participação de todos os componentes rítmicos responsáveis pela variabilidade ^(101,164).

4.8.2 Domínio da frequência

No domínio da frequência foram utilizados os componentes espectrais de baixa (LF) e alta (HF) frequência, em ms^2 e unidade normalizada, e a relação entre eles (LF/HF). As faixas de frequência utilizadas para cada componente foram: LF = 0,04 a 0,15 Hz e HF = 0,15 a 0,40 Hz. O componente LF indica, predominantemente,

a atuação do sistema nervoso simpático, enquanto o componente HF representa o componente parassimpático ^(20,165).

A potência de LF e HF em unidade normalizada foi calculada mediante a fórmula abaixo ^(20,165):

$$P/(TP - VLF) \times 100$$

Em que P refere-se à potência absoluta de LF ou HF em ms^2 , TP à potência espectral total em ms^2 e VLF à potência espectral da banda de muito baixa frequência em ms^2 .

A relação LF/HF traduz o valor relativo de cada componente espectral em relação à potência total menos o componente de muito baixa frequência ^(20,165). A análise espectral foi calculada usando o algoritmo da Transformada Rápida de *Fourier*.

4.8.3 *Plot de Poincaré*

O *plot* de Poincaré é considerado por alguns autores como baseada na dinâmica não linear e por outros baseados na dinâmica linear ^(104,166). O *plot* de Poincaré é uma representação gráfica bidimensional da correlação entre intervalos RR consecutivos, em que cada intervalo é plotado contra o próximo intervalo ^(103,104,130) e a sua análise foi feita de forma quantitativa, pelo ajuste da elipse da figura formada pelo atrator, de onde se obtém os índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2 ^(106,107).

O SD1 representa a dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade e parece ser um índice de registro instantânea da variabilidade batimento a batimento. Já o SD2 representa a dispersão dos pontos ao longo da linha de

identidade e representa a VFC em registro de longa duração. E por fim, a razão SD1/SD2 mostra a razão entre as variações curta e longa dos intervalos RR.

4.9 Análise estatística

Para análise dos dados do perfil da população foi utilizado o método estatístico descritivo e os resultados foram apresentados com valores de médias, desvios padrão, mediana, números mínimo e máximo e intervalo de confiança. A normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de *Shapiro-Wills*.

Para as variáveis peso e temperatura corporal, a comparação entre os momentos do mesmo protocolo foi realizada por meio do teste *t* de *Student* para dados pareados quando a distribuição foi normal ou teste de *Wilcoxon* para dados com distribuição não normal. Já para a análise entre os protocolos foi utilizado ANOVA *One-way* com pós teste de *Tukey* para dados com distribuição normal ou teste de *Kruskal Wallis* com pós teste de *Dunn* para dados não normais.

As comparações dos parâmetros cardiorrespiratórios e índices de VFC entre protocolos (PC vs PH1 vs PH2) e momentos (repouso vs tempos no exercício e repouso vs tempos da recuperação) foi feita por meio da técnica de análise de variância para modelo de medidas repetidas no esquema de dois fatores. Os dados da mensuração repetida foram checados para violação de esfericidade usando o teste de *Mauchly's* e a correção de *Greenhouse-Geisser* foi utilizada quando a esfericidade foi violada.

Para análise dos momentos (repouso vs tempos no exercício e repouso vs tempos da recuperação) foi utilizado pós-teste de *Bonferroni* para distribuição paramétrica ou pós-teste de *Dunnet* para distribuição não paramétrica e a análise

dos diferentes momentos entre os grupos foi feita por meio de ANOVA *One-Way* ou teste de *Kruskall Wallis*.

O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$ para todos os testes. O programa estatístico SPSS (versão 13.0) (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para as análises.

O cálculo amostral foi realizado por meio do software *online* contido no site <http://www.lee.dante.br/> considerando-se como variável o índice rMSSD. A magnitude de diferença significativa assumida foi de 12 ms, considerando um desvio padrão de 16 ms, com risco alfa de 5% e beta de 80%, o tamanho amostral resultou em 28 jovens. Considerando-se possíveis perdas amostrais, acrescentamos 10% ao tamanho amostral calculado, totalizando 31 jovens.

5 Resultados

A Tabela 1 mostra as características antropométricas da população estudada juntamente com os resultados obtidos no teste incremental.

Tabela 1. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão, mediana e valores mínimo e máximo das variáveis antropométricas e do teste incremental dos indivíduos analisados.

Variáveis	Média ± Desvio Padrão (Mediana)	Mínimo – Máximo
Dados antropométricos		
Idade (anos)	21,63 ± 1,86 (22,00)	18,00 – 25,00
Peso (Kg)	72,62 ± 11,53 (72,20)	53,80 – 95,30
Estatura (m)	1,77 ± 0,08 (1,78)	1,60 – 1,94
IMC (Kg.m ²)	22,99 ± 2,83 (22,30)	16,87 – 28,07
Teste incremental		
VO _{2pico} (l.min ⁻¹)	3,37 ± 0,60 (3,34)	2,02 – 5,14
60% VO _{2pico} (l.min ⁻¹)	2,02 ± 0,36 (2,00)	1,21 – 3,08
FC (bpm)	160,74 ± 10,75 (162,00)	139,00 – 179,00

Legenda: IMC = índice de massa corporal; Kg = quilogramas; m = metros; VO_{2pico} = consumo de oxigênio de pico; l = litro; min = minuto; FC = frequência cardíaca; bpm = batimentos por minuto.

Os valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão, e a mediana do peso corporal e da temperatura corporal dos indivíduos analisados nos PC, PH1 e PH2 podem ser observados na Tabela 2.

Observa-se que os valores de peso e temperatura inicial no PC diferiram estatisticamente em relação aos valores finais, com redução do peso corporal e aumento da temperatura. Nos PH1 e PH2 somente foi observado aumento significativo de temperatura corporal. Na comparação entre os protocolos apenas a

temperatura corporal final do PC apresentou maiores valores em comparação ao PH2 ($p < 0,05$).

Tabela 2. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão, e mediana das variáveis peso e temperatura corporal dos indivíduos analisados nos PC, PH1 e PH2.

Variáveis	Tempo	PC	PH1	PH2
Peso Corporal (Kg)	Inicial	73,03 ± 11,56* (72,90)	73,05 ± 11,40 (73,20)	72,90 ± 11,50 (72,20)
	Final	71,55 ± 11,30 (71,00)	72,97 ± 11,52 (72,60)	73,08 ± 11,51 (72,60)
Temperatura Corporal (°C)	Inicial	36,44 ± 0,47# (36,50)	36,45 ± 0,35* (36,50)	36,30 ± 0,37# (36,50)
	Final	37,20 ± 0,53† (37,20)	37,04 ± 0,45 (37,00)	36,83 ± 0,42 (36,80)

*Valor com diferença estatística em relação ao final (Teste *t* de *Student* para dados pareados; $p < 0,05$); #Valor com diferença estatística em relação ao final (Teste de *Wilcoxon*; $p < 0,05$); †Valor com diferença estatística em relação ao PH2 (ANOVA com pós teste de *Tukey*; $p < 0,05$). **Legendas:** kg = quilograma; °C = graus Celsius; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

A densidade específica da urina, avaliada ao final do PH1 e PH2 foi de 1,017 ± 0,0048 e 1,018 ± 0,0036 respectivamente, confirmando que o volume de líquidos administrado foi suficiente para manter o estado euidratado dos voluntários.

Para os parâmetros cardiorrespiratórios, as análises mostraram que durante o exercício houve um efeito do momento para todas as variáveis analisadas ($p < 0,001$). Nessa condição nenhum efeito foi observado entre os protocolos (PAS, $p = 0,998$; PAD, $p = 0,897$; SpO₂, $p = 0,077$; FC = 0,281) e na interação momento e protocolo (PAS, $p = 0,058$; PAD, $p = 0,191$; SpO₂, $p = 0,510$; FC = 0,496).

Os resultados obtidos para as variáveis PAS, PAD e SpO₂ em repouso e durante o exercício podem ser observados na figura 4. Em todos os protocolos diferenças significantes para as variáveis PAS e PAD quando comparado o repouso com os tempos 30, 60 e 90 minutos do exercício foram observadas. Para a SpO₂ observou-se diminuição significativa do tempo 90 minutos em comparação ao

repouso no PC, enquanto que, no PH2 houve diminuição significativa dos tempos 60 e 90 minutos em comparação ao repouso.

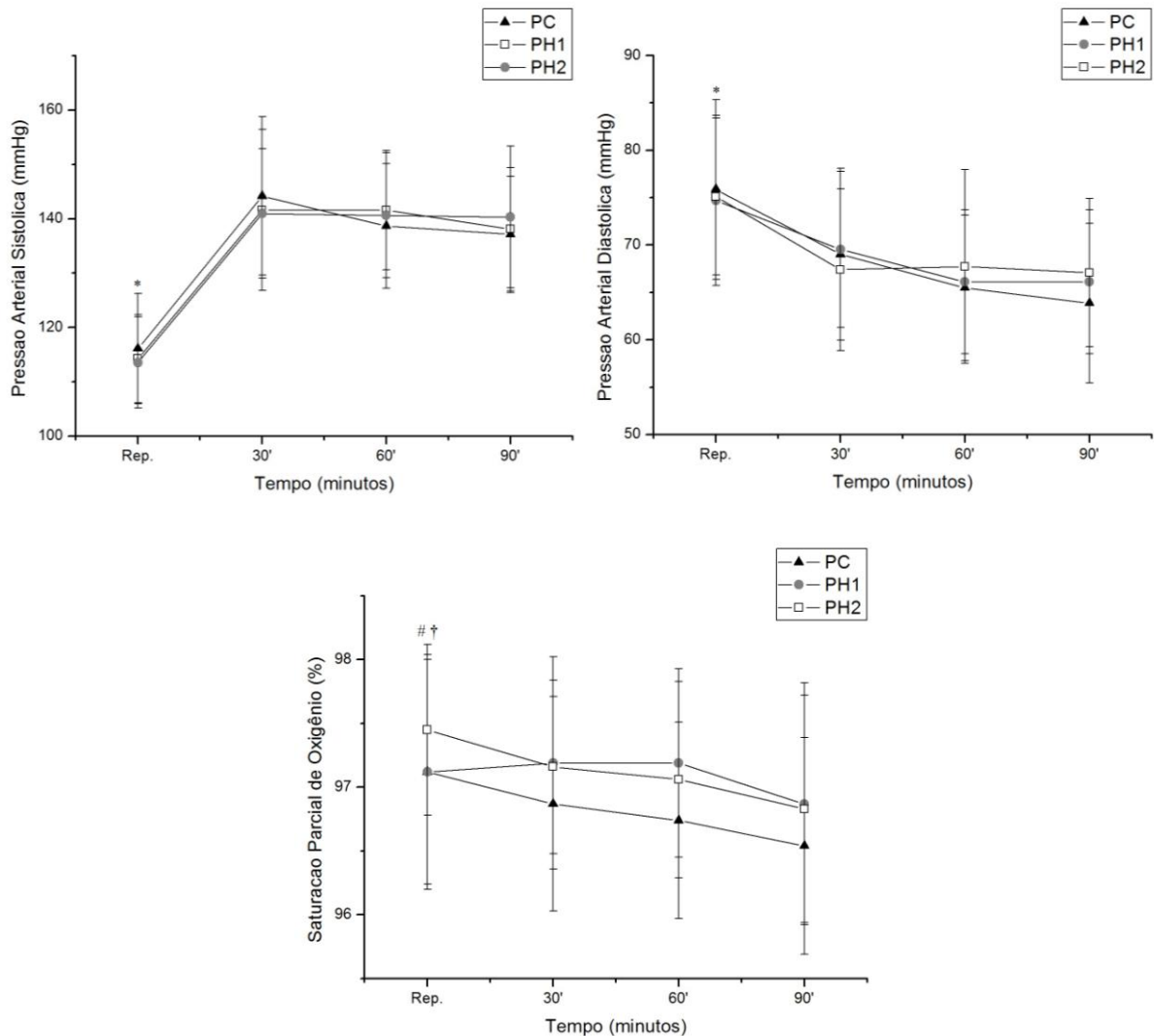


Figura 4. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão das variáveis PAS, PAD e SpO₂ obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante o exercício; *Valor com diferença estatística em relação aos tempos 30, 60 e 90 minutos nos PC, PH1 e PH2 ($p < 0,05$); #Valor com diferença estatística em relação ao tempo 90 minutos no PC ($p < 0,05$); †Valor com diferença estatística em relação aos tempos 60 e 90 minutos no PH2 ($p < 0,05$). **Legenda:** PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico; mmHg = milímetros de mercúrio; % = porcentagem; rep = repouso.

Para os parâmetros cardiorrespiratórios em recuperação foi observado efeito do momento para todas as variáveis analisadas ($p < 0,001$). Não houve efeito entre os protocolos para PAS ($p = 0,986$), PAD ($p = 0,536$) e f ($p = 0,539$), contudo para as

variáveis SpO_2 ($p = 0,001$) e FC ($p = 0,033$) efeitos entre os protocolos foram observados. Em relação à interação momento e protocolo foi observado efeito apenas para a FC (PAS, $p = 0,431$; PAD, $p = 0,086$; SpO_2 , $p = 0,445$; f, $p = 0,147$; FC, $p = 0,022$).

Diferenças significantes foram observadas para a PAS no PC entre o repouso e os tempos 1, 30, 40, 50 e 60 minutos da recuperação. Para o PH1 o repouso se diferiu dos tempos 1, 3 e 5 minutos e no PH2 dos tempos 1 e 3 minutos. Quanto a PAD apenas no PC o repouso apresentou diferenças significantes em comparação aos tempos 1, 3, 5, 30 e 40 minutos (Figura 5).

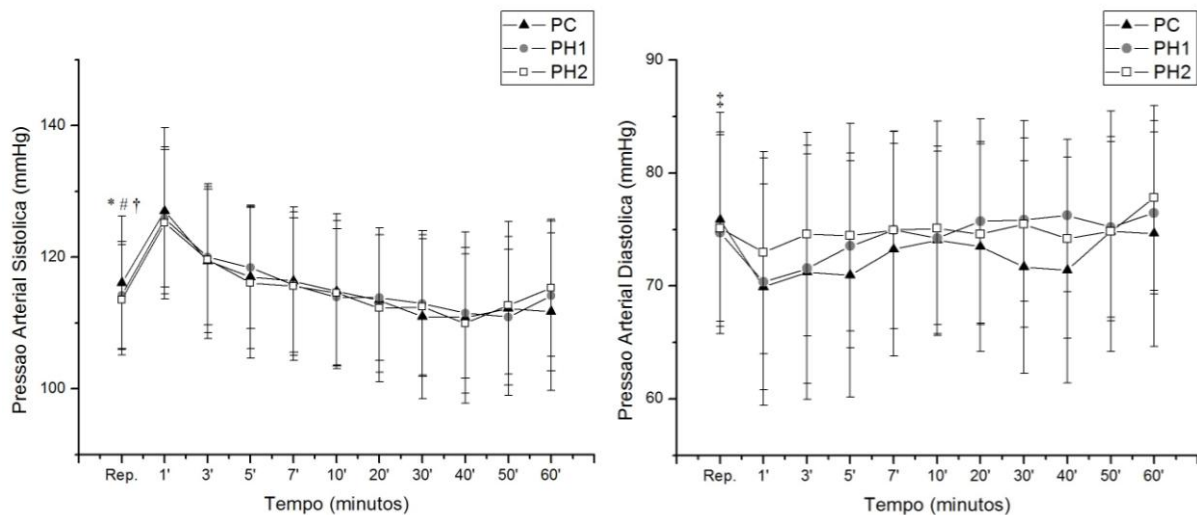


Figura 5. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão das variáveis PAS e PAD obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação; *Valor com diferença estatística em relação aos tempos 1, 30, 40, 50 e 60 minutos no PC ($p < 0,05$); #Valor com diferença estatística em relação aos tempos 1, 3 e 5 minutos no PH1 ($p < 0,05$); †Valor com diferença estatística em relação aos tempos 1 e 3 minutos no PH2 ($p < 0,05$); ‡Valor com diferença estatística em relação aos tempos 1, 3, 5, 30 e 40 minutos no PC ($p < 0,05$). **Legenda:** PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico; mmHg = milímetros de mercúrio; rep = repouso.

Os resultados obtidos para SpO_2 e f no repouso e durante a recuperação são mostrados na Figura 6. Para a variável SpO_2 no PC os valores dos tempos 7, 10, 20 e 30 minutos foram menores em relação ao repouso, enquanto que, no PH1 o repouso se diferiu apenas do 60 minutos, apresentando um leve aumento. Na

comparação entre os protocolos, com exceção do tempo 50 minutos, menores valores de SpO₂ foram observados para o PC em comparação ao PH2, o mesmo ocorreu na comparação entre o PC e o PH1 para os tempos 1, 3, 7, 30, 40 e 60 minutos. Quanto à f no PC o repouso foi diferente dos tempos 1, 3, 5 e 7 minutos, enquanto que, no PH1 e no PH2 o repouso se diferiu dos tempos 1, 3, 5, 7, 10 e 20 minutos.

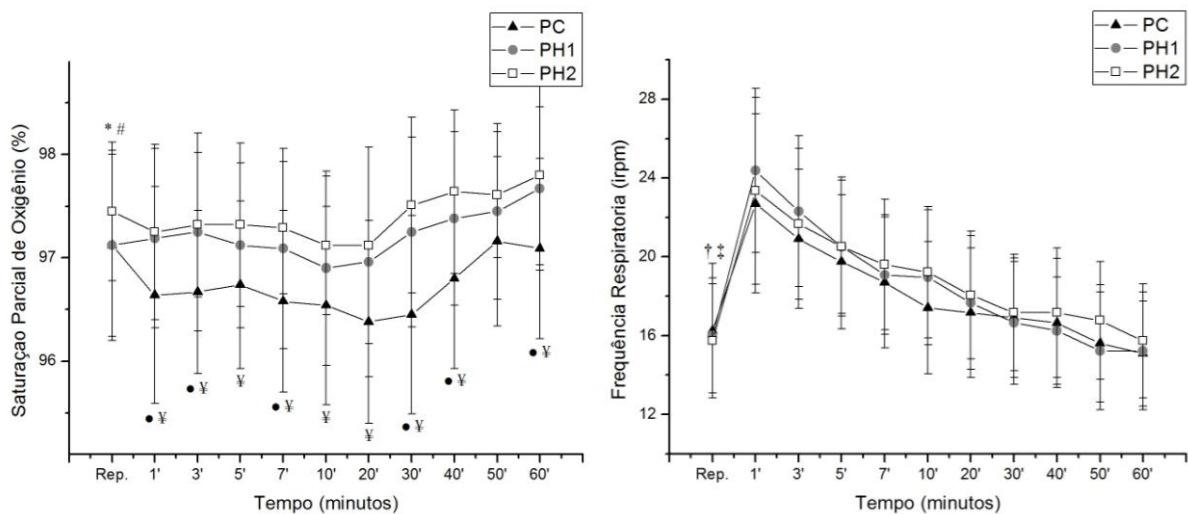


Figura 6. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão das variáveis SpO₂ e f obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação; *Valor com diferença estatística em relação aos tempos 7, 10, 20 e 30 minutos no PC ($p < 0,05$); #Valor com diferença estatística em relação ao tempo 60 minutos no PH1 ($p < 0,05$); †Valor com diferença estatística em relação aos tempos 1, 3, 5 e 7 minutos no PC ($p < 0,05$); ‡Valor com diferença estatística em relação aos tempos 1, 3, 5, 7, 10 e 20 minutos no PH1 e PH2 ($p < 0,05$); •Valor com diferença estatística entre PC e PH1 ($p < 0,05$); ¥ Valor com diferença estatística entre o PC e PH2 ($p < 0,05$). **Legenda:** PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico; % = porcentagem; irpm = incursões respiratórias por minuto; rep = repouso.

A Figura 7 mostra o comportamento da FC nos três protocolos realizados durante o exercício (A) e recuperação (B). Em todos os protocolos a FC foi diferente quando comparado o repouso com os tempos 30, 60 e 90 minutos do exercício. Nos PC e PH2 o repouso foi diferente estatisticamente de todos os demais tempos da recuperação, enquanto que, no PH1 o repouso se diferiu dos tempos 1, 3, 5, 7, 10 e 30 minutos. Na comparação entre os protocolos, os valores obtidos no PC foram maiores em comparação aos dos PH1 e PH2 nos tempos 20, 40 e 50 minutos.

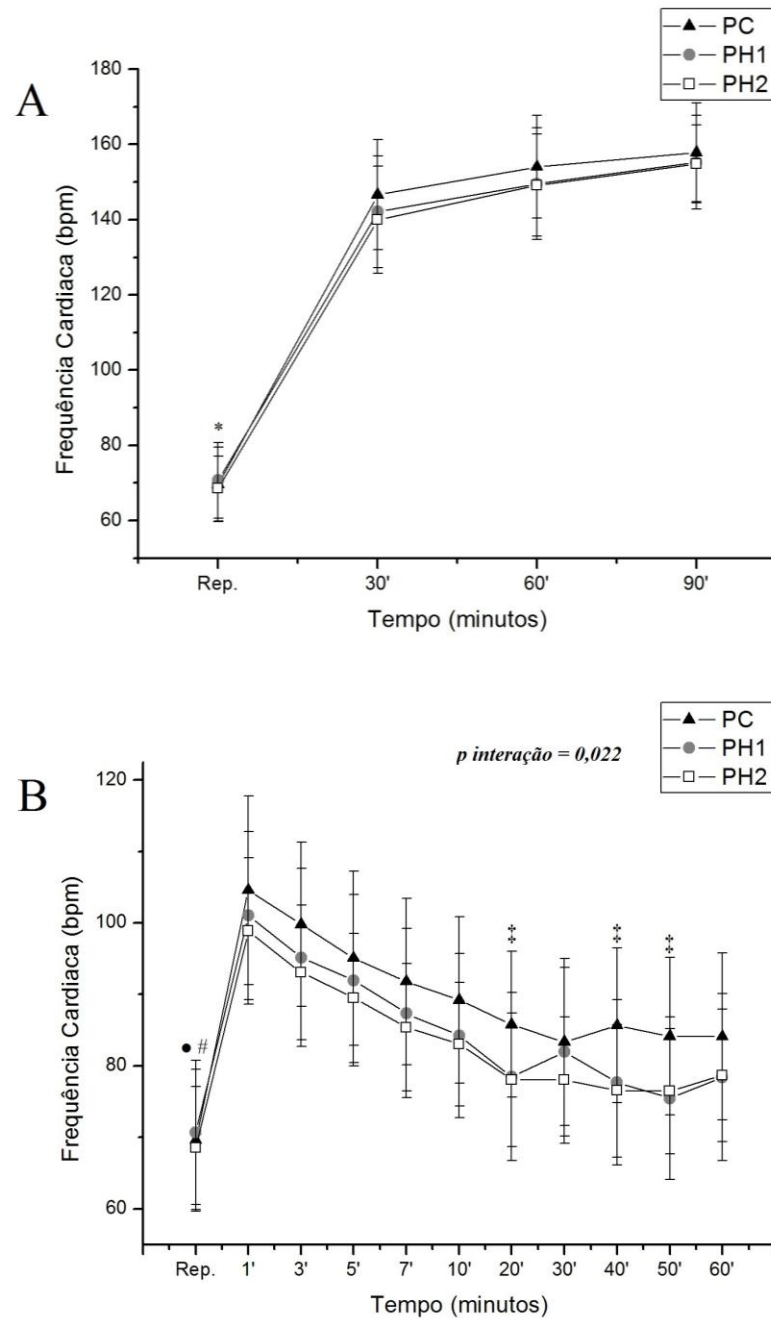


Figura 7. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão da variável FC obtido nos PC, PH1 e PH2 no repouso e durante o exercício (A) e a recuperação (B). *Valor com diferença estatística em relação aos tempos 30, 60 e 90 minutos no PC, PH1 e PH2 ($p < 0,05$); ●Valor com diferença estatística em relação à todos os tempos no PC e PH2 ($p < 0,05$); #Valor com diferença estatística em relação aos tempos 1, 3, 5, 7, 10 e 30 minutos no PH1 ($p < 0,05$); ‡Valor com diferença estatística do PC em relação ao PH1 e PH2 ($p < 0,05$). **Legenda:** PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico, bpm = batimentos por minuto; rep = repouso.

Para os índices de VFC, os resultados obtidos para os índices SDNN e rMSSD em repouso e durante o exercício podem ser observados na figura 8. Na

figura 9 observa-se o comportamento dos índices LF [ms^2], HF [ms^2], LF [nu], HF [nu] e relação LF/HF dos três protocolos, enquanto que, os resultados obtidos para os índices SD1, SD2 e a relação SD1/SD2 em repouso e durante o exercício podem ser observados na figura 10.

As análises mostraram que durante o exercício houve um efeito do momento para todas as variáveis analisadas ($p < 0,001$), contudo nenhum efeito foi observado entre os protocolos (SDNN, $p = 0,310$; rMSSD, $p = 0,739$; LF [ms^2], $p = 0,449$; HF [ms^2], $p = 0,753$; LF [nu], $p = 0,762$; HF [nu], $p = 0,761$; relação LF/HF, $p = 0,130$; SD1, $p = 0,418$; SD2, $p = 0,329$; relação SD1/SD2, $p = 0,861$) e na interação momento e protocolo (SDNN, $p = 0,419$; rMSSD, $p = 0,473$; LF [ms^2], $p = 0,511$; HF [ms^2], $p = 0,755$; LF [nu], $p = 0,791$; HF [nu], $p = 0,792$; relação LF/HF, $p = 0,724$; SD1, $p = 0,474$; SD2, $p = 0,827$; relação SD1/SD2, $p = 0,489$).

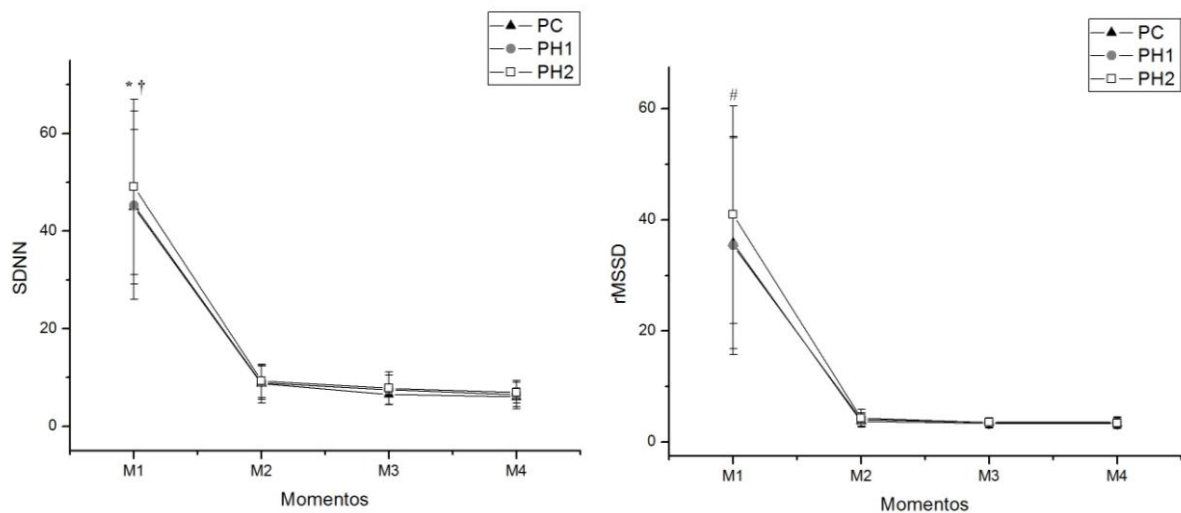


Figura 8. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices SDNN e rMSSD obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante o exercício; *Valor com diferença estatística em relação aos momentos M2, M3 e M4 no PC e PH1 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; †Valor com diferença estatística em relação aos momentos M2, M3 e M4 no PH2 ($p < 0,05$) [ANOVA para medidas repetidas seguida de pós teste de Tukey]. #Valor com diferença estatística em relação aos momentos M2, M3 e M4 no PC, PH1 e PH2 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]. **Legenda:** SDNN = desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais; rMSSD = raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR normais sucessivos; M = momento; ms = milissegundos; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

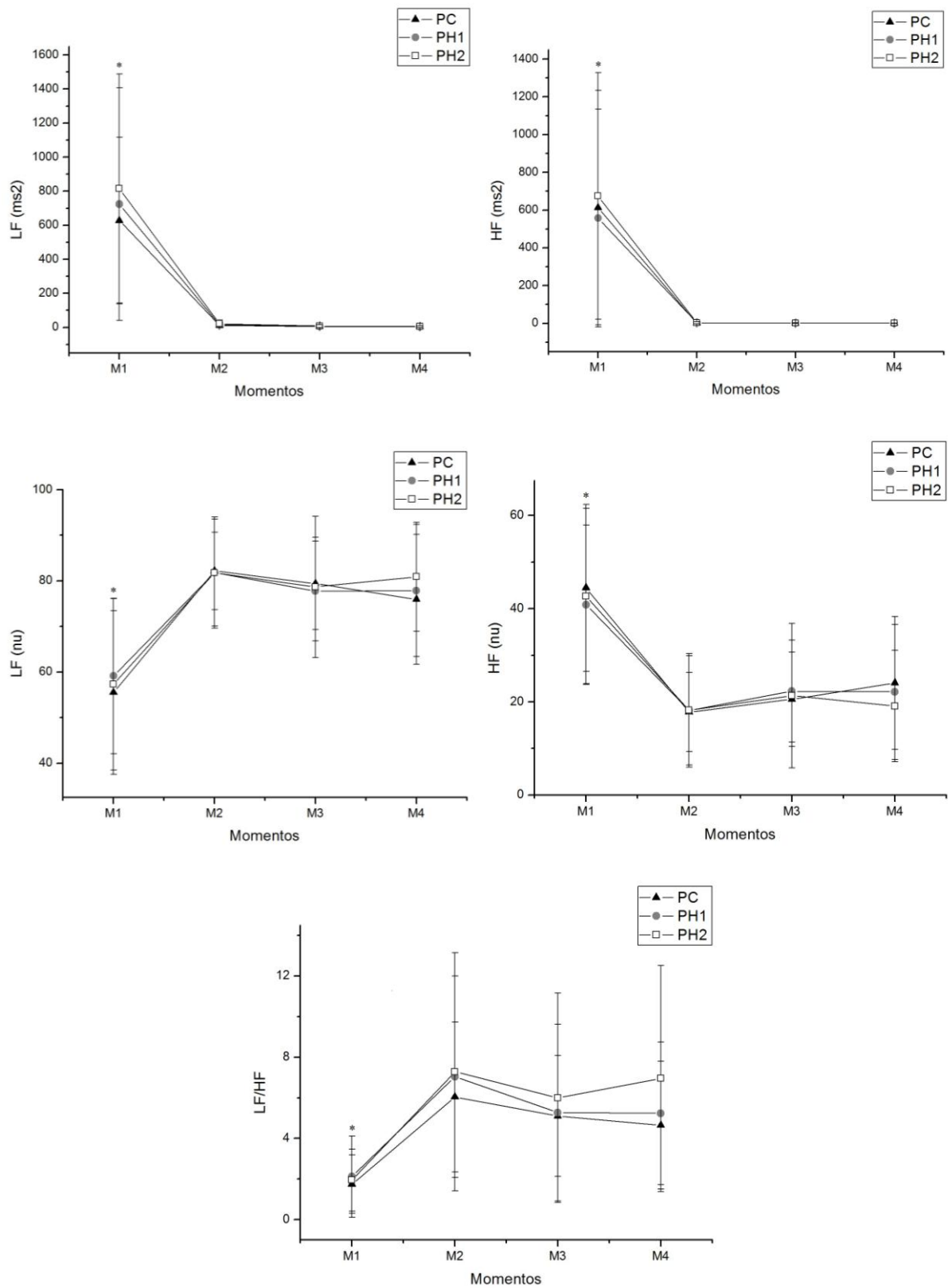


Figura 9. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices LF [ms^2], HF [ms^2], LF [nu], HF [nu] e relação LF/HF obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante o exercício; * Valor com diferença estatística em relação aos momentos M2, M3 e M4 no PC, PH1 e PH2 ($p < 0.05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]. **Legenda:** LF = baixa frequência; HF = alta frequência;

M = momento; ms = milissegundos; nu = unidades normalizadas; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

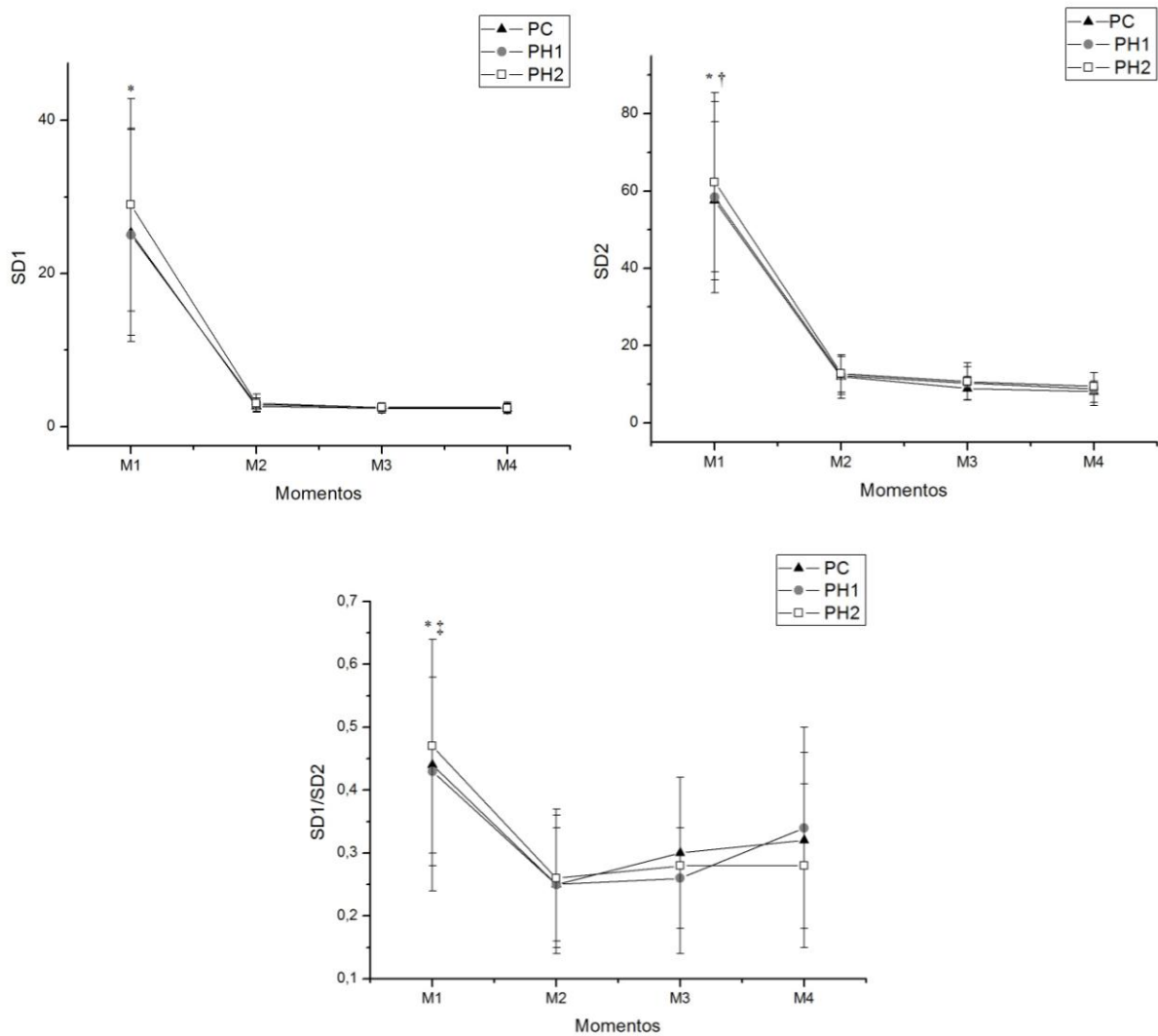


Figura 10. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices SD1, SD2 e relação SD1/SD2 obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante o exercício; *Valor com diferença estatística em relação aos momentos M2, M3 e M4 no PC, PH1 e PH2 para o SD1, no PC e PH1 para o SD2 e no PH2 para a relação SD1/SD2 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; †Valor com diferença estatística em relação aos momentos M2, M3 e M4 no PH2 ($p < 0,05$) [ANOVA para medidas repetidas seguida de pós teste de Tukey]; ‡Valor com diferença estatística em relação aos momentos M2 e M3 no PC e PH1 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]. **Legenda:** SD1 = desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SD2 = desvio-padrão a longo prazo dos intervalos R-R contínuos; M = momento; ms = milissegundos; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

Em todos os protocolos observou-se diminuição estatisticamente significativa para os índices SDNN e rMSSD quando comparado o repouso (M1) com os momentos M2, M3 e M4 (Figura 8). Da mesma forma que para os índices SDNN e rMSSD, em todos os protocolos observou-se diminuição dos valores dos índices

LF[ms²], HF[ms²] e HF[nu] quando comparado o repouso (M1) com os momentos M2, M3 e M4. Além disso, os índices LF[nu] e a relação LF/HF também apresentaram diferença estatisticamente significante quando comparado o repouso (M1) com os momentos M2, M3 e M4, no entanto foi observado um aumento desses índices (Figura 9).

Para os índices derivados do *plot* de Poincaré, em todos os protocolos observou-se redução significante para os índices SD1 e SD2 quando comparado o repouso (M1) com os momentos M2, M3 e M4. Além disso, para a relação SD1/SD2 também foi observado diminuição, no entanto o PC e o PH1 apresentaram diferenças estatísticas do M1 com o M2 e M3, enquanto que no PH2 a diferença ocorreu na comparação do repouso com os momentos M2, M3 e M4.

Para os índices de VFC durante a recuperação, as análises da ANOVA de duas vias mostraram que durante a recuperação houve um efeito do momento para todas as variáveis analisadas ($p < 0,001$). Não houve efeito entre os protocolos para os índices SDNN ($p = 0,169$), rMSSD ($p = 0,064$), LF[ms²] ($p = 0,360$), HF[ms²] ($p = 0,089$), relação LF/HF ($p = 0,076$), SD1 ($p = 0,062$), SD2 ($p = 0,234$) e a relação SD1/SD2 ($p = 0,093$), contudo para as variáveis LF[nu] ($p = 0,047$) e HF[nu] ($p = 0,047$) efeitos entre os protocolos foram observados. Em relação à interação momento e protocolo foi observado efeito para os índices rMSSD ($p = 0,014$), HF[ms²] ($p = 0,018$), LF [nu] ($p = 0,013$), HF[nu] ($p = 0,013$) e SD1 ($p = 0,014$).

Os resultados obtidos para os índices SDNN e rMSSD no repouso e durante a recuperação são mostrados na Figura 11. Para o índice SDNN no PC e no PH2 os valores do repouso (M1) foram estatisticamente diferente dos momentos M5, M6 e M7 apresentando uma redução em seus valores, enquanto que, para o PH1 também foi observado uma diminuição, no entanto o M1 apresentou diferença quando

comparado apenas ao M5. Já para o índice rMSSD, o PC apresentou diminuição significativa do M1 comparado a todos os demais momentos. No PH1, o M1 diferiu-se do M5, M6 e M7 e no PH2 o M1 foi diferente estatisticamente de M5 e M6.

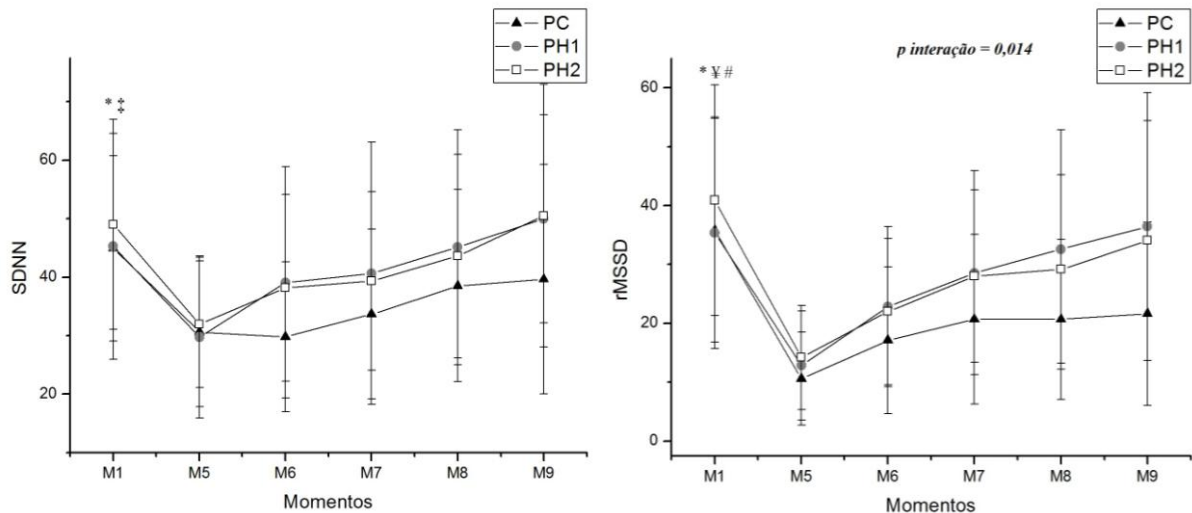


Figura 11. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices SDNN e rMSSD obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação; *Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5, M6 e M7 no PC e PH2 para o SDNN e no PH1 para o rMSSD ($P < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; ‡Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5 no PH1 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; †Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5, M6, M7, M8 e M9 no PC ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; #Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5 e M6 no PH2 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]. **Legenda:** SDNN = desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais; rMSSD = raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR normais sucessivos; M = momento; ms = milissegundos; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

A Figura 12 mostra o comportamento dos índices LF[ms²], HF[ms²], LF[nu], HF[nu] e a relação LF/HF nos três protocolos em repouso e durante a recuperação. Para os índices LF[ms²], HF[ms²] e HF[nu] os valores obtidos no repouso foram maiores em comparação aos demais momentos analisados, enquanto que nos índices LF[nu] e na relação LH/HF houve um acréscimo dos valores nos momentos em relação ao repouso.

Para o índice LF[ms²], os protocolos de hidratação e controle apresentaram diferença do M1 quando comparado aos momentos M5 e M6. Já para o índice

HF[ms²], houve diferença no PC entre M1 comparado com M5, M6, M7 e M8, no PH1 a diferença foi observado entre o M1 com os M5 e M6 e no PH2 o M1 foi diferente apenas do M5.

Para os índices LF[nu], HF[nu] e relação LF/HF, no PC o M1 foi diferente estatisticamente de todos os momentos, enquanto que no PH2 o M1 apresentou diferença estatística de M5. Na comparação entre os grupos, para ambos índices, o PC foi diferente estatisticamente do PH1 e PH2 nos momentos M8 e M9.

A Figura 13 mostra o comportamento dos índices SD1, SD2 e relação SD1/SD2 nos três protocolos em repouso e durante a recuperação. Para todos os índices, os valores diminuíram do repouso em relação aos demais momentos analisados.

Para o índice SD1, no PC o M1 foi diferente estatisticamente de todos os momentos analisados, no PH1 o M1 foi diferente estatisticamente de M5, M6 e M7 e no PH2 o M1 foi diferente estatisticamente apenas de M5 e M6. Já para o índice SD2, no PC o M1 foi diferente estatisticamente de M5, M6 e M7, e tanto no PH1 quanto no PH2 o M1 foi diferente estatisticamente apenas de M5.

Quanto à relação SD1/SD2, no PC o M1 foi diferente estatisticamente de todos os demais momentos, no PH1 o M1 foi diferente estatisticamente de M5 e M6 e no PH2 o M1 foi diferente estatisticamente de M5, M6 e M8.

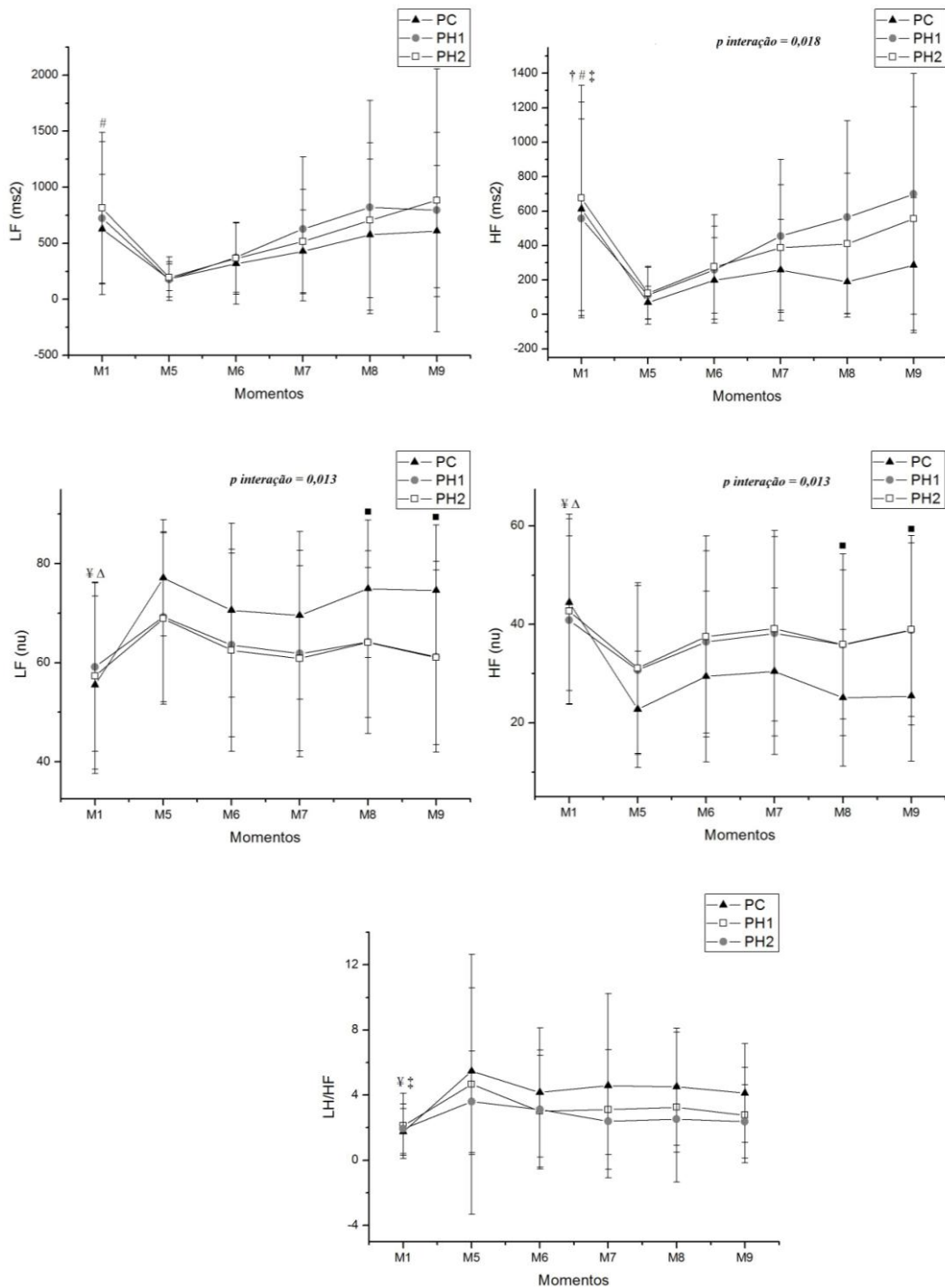


Figura 12. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices LF[ms²], HF[ms²], LF[nu], HF[nu] e relação LF/HF obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação; #Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5 e M6 no PC, PH1 e PH2 para o LF[ms²] e no PH1 para o HF[ms²] ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; †Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5, M6, M7 e M8 no PC para o HF[ms²] ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; ‡Valor com diferença estatística em relação ao momento M5 no PH2 para o HF[ms²], e para a relação LF/HF ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; ¥Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5, M6, M7, M8 e M9 no PC para LF[nu], HF[nu] e relação LF/HF ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; ΔValor com diferença estatística em relação ao momento M5 no PH2 para LF[nu] e HF[nu] ($p < 0,05$) [ANOVA para medidas repetidas seguido de pós teste de Tukey]; ■Valor com diferença estatística em relação aos protocolos PH1 e PH2 ($p < 0,05$) [Teste Kruskal-Wallis com pós teste de Dunn].

Legenda: LF = baixa frequência; HF = alta frequência; M = momento; ms = milissegundos; nu = unidades normalizadas; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

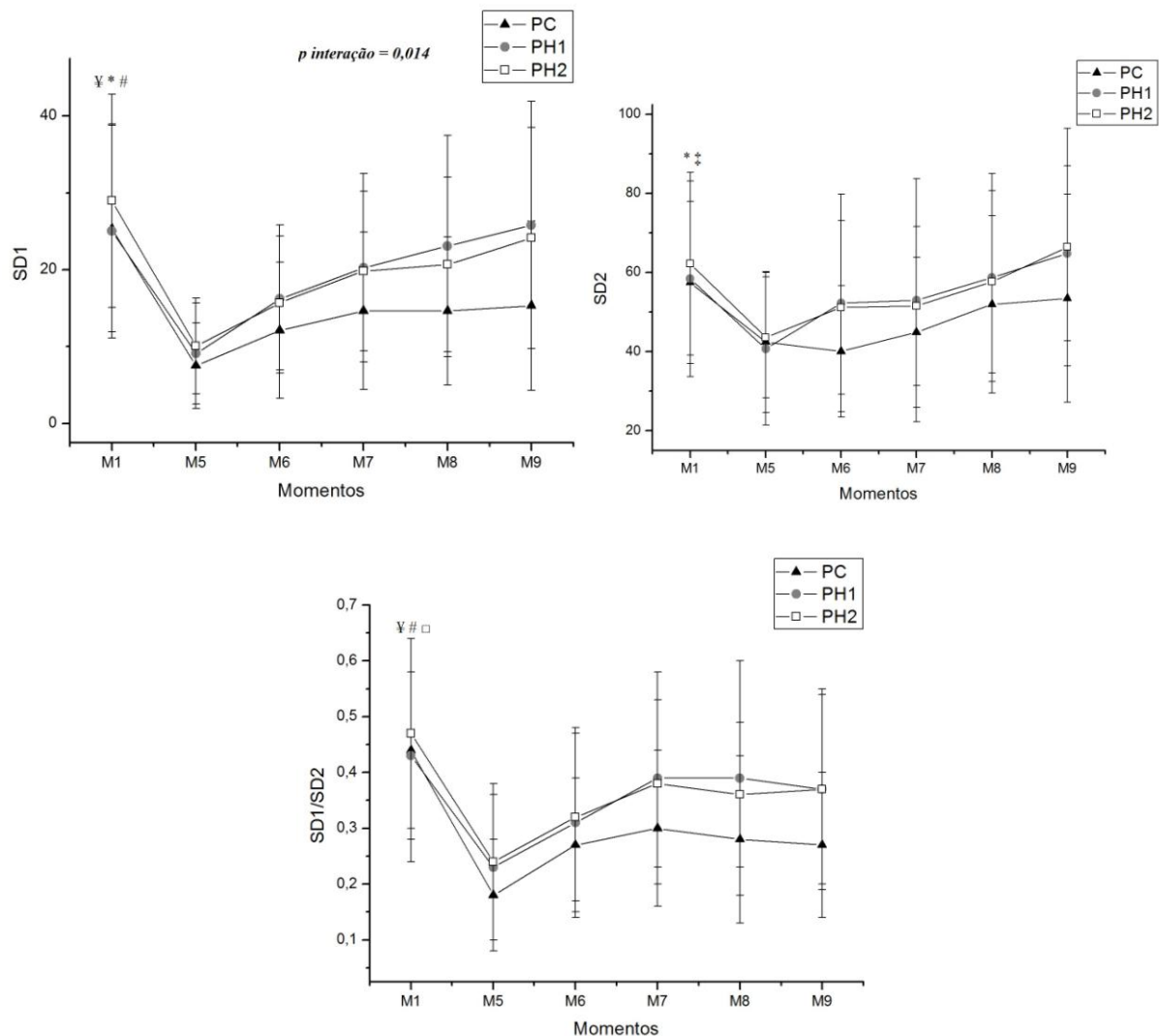


Figura 13. Valores médios, seguidos dos respectivos desvios padrão dos índices SD1, SD2 e relação SD1/SD2 obtidos dos PC, PH1 e PH2 em repouso e durante a recuperação; ¥Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5, M6, M7, M8 e M9 no PC para SD1 e relação SD1/SD2 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; *Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5, M6 e M7 no PH1 para SD1 e no PC para SD2 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; #Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5 e M6 no PH2 para SD1 e no PH1 para relação SD1/SD2 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; ‡Valor com diferença estatística em relação ao momento M5 no PH1 e PH2 para SD2 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn]; □Valor com diferença estatística em relação aos momentos M5, M6 e M8 no PH2 para relação SD1/SD2 ($p < 0,05$) [Teste de Friedman com pós teste de Dunn].
Legenda: SD1 = desvio padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SD2 = desvio padrão a longo prazo dos intervalos R-R contínuos; M = momento; ms = milissegundos; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

6 Discussão

O presente estudo avaliou em jovens a influência da hidratação realizada com água ou solução isotônica sobre os parâmetros cardiorrespiratórios e a modulação autonômica cardíaca durante e após exercício físico aeróbico submáximo.

Os resultados demonstraram que todos os protocolos analisados influenciaram a modulação autonômica e o comportamento dos parâmetros cardiorrespiratórios tanto em exercício quanto em recuperação. Durante o exercício não houve influência do tipo de hidratação sobre essas variáveis, no entanto os protocolos de hidratação promoveram uma recuperação mais eficiente, com retorno mais rápido da modulação autonômica e dos parâmetros cardiorrespiratórios às condições basais. Além disso, os dados apontaram que para o tipo de exercício executado independente do tipo de hidratação administrada o comportamento dos parâmetros cardiorrespiratórios e a modulação autonômica cardíaca foram semelhantes.

Durante a realização do exercício físico ocorreu elevação dos valores de PAS e redução da PAD em comparação ao repouso. Em geral, durante o exercício a PAS aumenta proporcionalmente ao aumento do débito cardíaco ⁽¹⁶⁷⁾, enquanto que, a PAD pode reduzir ou manter os seus valores como resultado de uma maior absorção sanguínea pelos capilares musculares ⁽¹⁶⁸⁾, portanto, as respostas de pressão arterial observadas nesse estudo são normais e esperadas para o tipo de exercício realizado.

Durante exercício, ocorreram reduções da PAS e PAD entre os tempos 30 e 90 minutos com maiores quedas no PC. Reduções de PAS e PAD foram também observados por outros autores ⁽¹⁶⁹⁾ a partir de duas horas da realização de exercício

em condição hipoidratada, o que não ocorreu quando mantida a hidratação ⁽¹⁶⁹⁾. Reduções significantes da PAS e da pressão arterial média a partir de uma hora de exercício na condição desidratada com manutenção da PAD foram também relatadas na literatura ⁽¹⁷⁰⁾.

As maiores reduções observadas no PC pode estar relacionadas, pelo menos em parte, à redução do volume sistólico ocasionado pela queda da volemia e do retorno venoso que ocorreram com estes voluntários em função da quantidade de líquidos perdido. Redução da massa corporal após a execução de exercícios indica perda de líquidos ⁽²⁾, o que foi observado nos voluntários do PC e evitada nos protocolos em que os voluntários receberam hidratação. Outro aspecto que pode estar envolvido com a maior redução dos valores de pressão arterial no PC foi a maior elevação da temperatura corporal que foi observada nesse protocolo, a qual está associada a vasodilatação e, conseqüentemente, redução da pressão arterial ⁽¹⁷¹⁾.

A queda da SpO₂ observada durante a realização do exercício físico nos três protocolos pode ser considerada fisiológica e era esperada. Os voluntários analisados eram saudáveis e sem alterações respiratórias, e em atividade física moderada ou intensa, o sangue flui mais rapidamente pelos capilares alveolares e, conseqüentemente, há menor tempo de trocas entre a hemoglobina e o ar alveolar, o que diminui a SpO₂ ⁽¹⁷²⁾. Além disso, os músculos em atividade necessitam de um aumento constante do aporte de oxigênio e a incapacidade do sistema circulatório de fornecer essa distribuição linear, também pode estar relacionada a diminuição da SpO₂ ⁽¹⁷³⁾.

Quanto a FC, os maiores valores observados durante o exercício no PC podem ser explicados pela diminuição do volume plasmático que ocorre com a

hipoidratação. Essa condição diminui o volume sistólico e, como compensação, a FC aumenta na tentativa de manter o débito cardíaco e, conseqüentemente, o fluxo sanguíneo para os músculos ativos, a fim de suprir as necessidades metabólicas, e para a pele, permitindo o mecanismo de redução da temperatura corporal pela transpiração ⁽⁵⁷⁾. Montain e Coyle ⁽⁵⁸⁾ demonstraram que o aumento da temperatura corporal e da FC, bem como a queda do volume sistólico durante o exercício físico se relacionam diretamente ao grau de desidratação do indivíduo.

Menores valores de FC durante a execução de exercício físico de longa duração em indivíduos hidratados com água ⁽¹¹⁾ ou solução isotônica ⁽¹⁰⁾ foram relatados. Quando feita durante o exercício, a hidratação parece reduzir o aumento da FC e a diminuição do volume sistólico ⁽²⁾. Callegaro et al. ⁽⁸⁶⁾ observaram que até 35 minutos após a ingestão de 500 ml de água, a pressão arterial e a resistência vascular aumentaram e a FC diminuiu. Os autores sugerem que a hidratação leva a um aumento da atividade simpática vasoconstritora e, conseqüentemente, da pressão arterial desencadeando uma resposta reflexa que estimula a modulação vagal, diminuindo a FC.

Em todos os protocolos imediatamente após o exercício físico (1 minuto) os valores da PAS se mantiveram elevados em relação ao repouso, o que ocorre em função da necessidade do organismo coordenar eficazmente as diversas respostas metabólicas, como por exemplo, o aumento do fluxo sanguíneo para o músculo esquelético e tecidos críticos como coração e cérebro ⁽¹⁷⁴⁾.

A redução da atividade simpática e o aumento do tônus vagal que ocorre na recuperação levam a uma diminuição da FC e da resistência periférica, diminuindo desse modo o débito cardíaco e, conseqüentemente, a PAS ⁽¹⁷⁴⁾, o que pode ser observado nos protocolos realizados.

No PC a PAS no final do período de recuperação estudado (60 minutos) apresentou valores menores que o basal de repouso, o que pode estar relacionado à perda hídrica associada ao aumento da temperatura corporal que ocorre nesse protocolo, os quais promovem uma maior queda do débito cardíaco e, conseqüentemente, maior redução da PAS ⁽¹⁷⁴⁾.

Os valores de PAD não apresentaram alterações quando comparados os momentos da recuperação com o repouso nos protocolos em que houve a reposição hídrica. Entretanto, no PC queda significativa da PAD nos primeiros minutos da recuperação foi observada, a qual pode estar relacionada ao maior aumento da temperatura corporal evidenciada após o exercício físico nesse protocolo. A fim de auxiliar o processo de dissipação do calor, o sistema cardiovascular reduz a resistência periférica promovendo vasodilatação com concomitante redução da PAD ^(3,73).

A hidratação tanto com água quanto como com solução isotônica, tiveram efeitos leves sobre os valores de pressão arterial, podendo ser consideradas casuais as diferenças encontradas ao longo do período de recuperação. Brown *et al.* ⁽¹⁷⁵⁾, avaliaram o papel da hidratação realizada em repouso com água e soro fisiológico sobre as respostas cardiovasculares em jovens saudáveis e observaram que a hidratação promoveu pouco efeito sobre a pressão arterial ao longo de uma hora após a ingestão. Moreno *et al.* ⁽¹⁰⁾ ao analisarem exercício físico submáximo de longa duração em jovens ativos, também observaram que a administração de solução hidroeletrólítica ingerida durante todo o período do exercício e da recuperação, promoveu maiores valores de PAS nos minutos iniciais da recuperação em relação ao repouso, enquanto que os valores de PAD mantiveram-se constantes.

Apesar de não termos observado interação entre momento e protocolo ocorreram diferenças entre os grupos e os momentos para a SpO₂ no período de recuperação. Segundo González-Alonso e Calbet ⁽¹⁷⁶⁾ após o exercício, a redução do fluxo sanguíneo muscular e do aporte de oxigênio ocorrem em decorrência da queda do débito cardíaco e da pressão arterial média produzido pela redução do VO₂ máximo em resposta ao calor. Desse modo, podemos inferir que a condição hidratada permitiu a manutenção da SpO₂ por meio da proteção do sistema circulatório.

Quanto a *f* nos primeiros minutos da recuperação observa-se maiores valores quando comparado ao repouso. Uma hipótese para isso são os estímulos físicos e químicos produzidos pelo exercício, como a diminuição do pH, o aumento da temperatura e a elevação de catecolaminas no sangue, que promovem elevação da *f* ^(177,178). Além disso, o aumento das trocas gasosas nos alvéolos que ocorrem durante o exercício promovem incremento da *f* ^(177,178).

De modo geral, a FC diminuiu progressivamente durante o período de recuperação nos três protocolos, contudo, observou-se diferenças entre os protocolos e interação entre o momento e protocolo ($p = 0,022$), indicando que a hidratação independente da solução utilizada promoveu melhor recuperação da FC quando comparado à condição hipoidratada.

A recuperação mais rápida da FC nos protocolos de hidratação utilizados pode estar relacionada a dois aspectos. Alguns autores têm demonstrado que a hidratação proporciona um aumento da sensibilidade barorreflexa, acentuada diminuição da modulação simpática e consequentemente aumento da modulação parassimpática cardíaca ^(88,179), o que poderia ser responsável pela recuperação mais rápida da FC. Além disso, na condição hipoidratada o aumento da temperatura

corporal proporciona maior taxa de disparo do nó sinatrial ⁽¹⁸⁰⁾, o que poderia também estar envolvido com a recuperação mais lenta da FC que ocorreu no PC.

Vale ressaltar que apesar dos protocolos de hidratação terem proporcionado melhor recuperação da FC, não foi observado o retorno dos seus valores às condições basais. Khanna e Manna ⁽¹⁸¹⁾, após administração de 100 ml de solução hidroeletrólítica observaram que 20 minutos de recuperação não foram suficientes para o retorno da FC aos valores pré-exercício, enquanto que outro estudo mostrou que o retorno as condições basais também não ocorre após 60 minutos de recuperação com a ingestão de solução isotônica ⁽¹⁰⁾.

No presente estudo os índices no domínio do tempo rMSSD e SD1, que refletem a modulação parassimpática do SNA ^(100,101), apresentaram uma redução do repouso em relação à todos os momentos analisados no exercício físico, sem no entanto apresentar diferença entre os protocolos de hidratação e controle.

Durante o exercício dinâmico, os parâmetros cardiovasculares se modificam a fim de fornecer oxigênio para os músculos ativos e preservar a perfusão de órgãos vitais. No início do exercício a FC se eleva, o que é mediado, principalmente, por sinais de comando central via retirada vagal. Com a continuidade do exercício ocorre a intensificação da modulação simpática pela ação das catecolaminas circulantes e pela ação metabolorreflexa aferente iniciada na musculatura ativa, o que permite maiores elevações da FC ^(114,119).

Portanto, com a realização do exercício dinâmico ocorre um aumento da FC, para compensar a demanda metabólica exigida pelo organismo, sendo a retirada da modulação vagal um dos mecanismos responsáveis por esse aumento, o que explica a diminuição apresentada nos índices rMSSD e SD1 ⁽¹⁸²⁾.

Os índices SDNN e SD2, os quais representam a modulação tanto simpática quanto parassimpática ^(100,101), assim como os índices rMSSD e SD1, apresentaram diminuição durante o exercício, sem diferenças entre os protocolos analisados.

Como descrito acima para atender o aumento das demandas metabólicas do organismo em exercício, ocorre um aumento da FC, volume sistólico, débito cardíaco e PAS ⁽¹⁸³⁾, os quais são produzidos, pelo menos em parte, pelo aumento da modulação simpática ⁽¹⁸⁴⁾, o que proporciona uma redução global da VFC.

Corroborando os achados da presente pesquisa, Jarkova et al. ⁽¹⁸⁵⁾ observaram diminuição dos índices rMSSD e SDNN do repouso para o exercício em homens saudáveis não treinados com média de idade de 20,3 anos durante a execução do exercício de *step test* (teste do degrau) com 70% da potência máxima e duração de oito minutos. Reduções nesses índices foram também observadas por Casties et al. ⁽¹²⁰⁾ em ciclistas que realizaram um exercício em três etapas consecutivas de oito minutos a 40%, 70% e 90% do $VO_{2máx}$.

Reduções dos índices quantitativos derivados do *plot* de Poincaré durante o exercício físico foram também relatadas em 41 adolescentes que realizaram um teste de esforço máximo em esteira ergométrica utilizando o protocolo de Bruce ⁽¹⁰⁷⁾.

Na análise linear, realizada por meio do domínio da frequência, em todos os protocolos observou-se diminuição dos valores do índice HF, tanto em ms^2 quanto em unidades normalizadas, quando comparado o repouso (M1) com os momentos M2, M3 e M4. Esse índice assim como os índices rMSSD e SD1 é um indicador da atuação vagal sobre o coração ⁽¹⁰¹⁾ e a sua redução sugere uma diminuição da modulação parassimpática do SNA durante o exercício.

Esses resultados corroboram com os de Casadei et al. ⁽¹⁸⁶⁾ os quais estudaram os componentes espectrais apresentados em potência absoluta [ms^2] e

observaram que o índice HF em ms^2 diminuiu no início do exercício, indicando uma redução da modulação vagal. Da mesma forma, Macor et al. ⁽¹⁸⁷⁾ observaram redução significativa do índice HF[ms^2] em ciclistas durante teste de esforço submáximo em cicloergômetro à 20% e 40% da carga máxima.

Em relação ao índice LF, componente de baixa frequência do domínio da frequência, que reflete predominantemente a modulação simpática sobre o coração ⁽¹⁰¹⁾, quando comparado os momentos de exercício em relação ao repouso observou-se uma diminuição desse índice analisado em ms^2 e um aumento quando analisado em unidades normalizadas. Essa resposta foi independente da hidratação administrada.

Reduções dos índices LF e HF em ms^2 foram também relatadas em indivíduos saudáveis sem treinamento em exercício de bicicleta ergométrica ⁽¹⁸⁸⁾, em pacientes após cirurgia de revascularização do miocárdio em exercício de baixa intensidade em um ergômetro ⁽¹⁸⁹⁾ e durante exercício submáximo em esteira em indivíduos normais e com risco de apresentar morte súbita cardíaca ⁽¹⁹⁰⁾.

Apesar de ter ocorrido uma redução do índice LF quando analisado em ms^2 , quando o índice foi normalizado em relação a potência total do espectro de frequência observou-se um aumento do índice, sugerindo que durante a realização do exercício a modulação simpática aumentou, o que também foi encontrado por outros autores ⁽¹⁸⁴⁾.

Para as relações LF/HF e SD1/SD2, que expressam o balanço simpato-vagal ⁽¹⁰¹⁾, um aumento significativo da relação LF/HF e uma diminuição da relação SD1/SD2 foram observados quando comparado o repouso (M1) com os momentos M2, M3 e M4 do exercício. Esses resultados indicam também menor modulação

parassimpática e maior modulação simpática durante a realização do exercício (107,182).

Como relatado acima, durante a realização de exercício submáximo a 60% do $VO_{2\text{pico}}$, não houve diferença entre os protocolos estudados, ou seja, tanto na hidratação com água quanto com solução isotônica o comportamento da modulação autonômica foi semelhante ao PC. Uma hipótese que pode ser levantada para justificar esse comportamento é: durante a realização de exercício no protocolo utilizado nesse estudo, a perda hídrica pode não ter sido suficiente para promover alterações significativas na modulação autonômica e, portanto, a reposição com os protocolos de hidratação não influenciaram as respostas da modulação autonômica. Entretanto, nesse estudo, a perda hídrica foi analisada ao final do protocolo e incluiu o período de exercício e de recuperação, portanto, para avaliarmos a hipótese acima descrita estudo que analise a quantidade de líquido perdido somente durante a realização do exercício deve ser conduzido.

Para os índices rMSSD e SD1 observa-se durante o período de recuperação um retorno gradativo dos seus valores aos encontrados no repouso. Para ambos os índices, no PC a recuperação não foi total, enquanto que, o PH1 retornou aos valores basais a partir do M7 (25 a 30 minutos) e o PH2 a partir do M6 (15 a 20 minutos), indicando que a hidratação promoveu melhor recuperação desses índices.

Após o término do exercício, a supressão dos *inputs* advindos do sistema nervoso central e a cessação da ação dos mecanorreceptores na musculatura esquelética proporcionam uma reativação do sistema nervoso parassimpático (191,192). Além disso, após o exercício ocorre a remoção de metabólitos produzidos pela contração muscular, como o lactato e íons hidrogênio, redução das catecolaminas circulantes, retorno do pH sanguíneo à condição basal e a

normalização da temperatura ^(123,192,193). A regulação desses fatores possibilita a redução da ação de quimiorreceptores, metaborreceptores musculares e termorreceptores ^(192,194,195), produzindo declínio lento e constante da FC, mediada pela associação da reativação vagal e retirada simpática ⁽¹⁹²⁾. Esses aspectos justificam o aumento progressivo dos índices rMSSD e SD1 ao longo do período de recuperação.

Como relatado, a recuperação dos índices rMSSD e SD1 nos protocolos onde hidratação foi utilizada foi mais eficiente quando comparado com o PC, o que corrobora com resultados encontrados na literatura. Vianna et al. ⁽⁸⁾ avaliaram a influência do consumo de 500 ml de água na reativação vagal em 10 indivíduos saudáveis após 30 minutos de exercício de ciclismo a uma carga de trabalho de 80% do limiar anaeróbico e verificaram uma melhor ativação vagal pós-exercício em indivíduos hidratados com água. Moreno et al. ⁽²⁵⁾ observaram que a reposição hidroeletrólítica com solução isotônica durante e após 90 minutos de exercício submáximo produziu melhor recuperação dos índices rMSSD e SD1 nos indivíduos hidratados em comparação ao seu controle.

A melhor recuperação da modulação parassimpática nos indivíduos hidratados pode representar uma condição clínica importante, já que existem evidências de que a fase de recuperação pós-exercício é vulnerável para vários eventos cardíacos e o risco de morte súbita é transitoriamente aumentado durante e até 30 minutos após exercício vigoroso ⁽¹⁹⁶⁾ e o aumento da modulação vagal nos minutos iniciais da recuperação tem sido associada com a redução no risco de morte súbita ^(191,197). Considerando esses aspectos, os resultados observados sugerem que os protocolos de hidratação utilizados, por proporcionar uma recuperação mais rápida da modulação vagal, possam proporcionar menor risco cardíaco.

Como observado para os índices rMSSD e SD1, os valores dos índices SDNN e SD2 também retornaram progressivamente aos valores basais. Para o índice SDNN a recuperação ocorreu a partir do M5 para o PH1 e a partir do M7 para os PH2 e PC, enquanto que, para o índice SD2 tanto no PH1 quanto no PH2 a recuperação ocorreu a partir de M5 e no PC a partir de M7. Apesar de não ocorrer diferenças na recuperação para o índice SDNN entre os protocolos PC e PH2, os valores observados (Figura 11) indicam que a hidratação promoveu melhor recuperação desse índice.

A desidratação que promove aumento da temperatura corporal e hiperosmolaridade plasmática mantém elevada a modulação simpática e diminui a modulação vagal e pode produzir um retardo na recuperação da modulação autonômica cardíaca ⁽¹⁹⁸⁾, o que pode ter ocorrido no PC e justificaria a recuperação mais lenta dos índices rMSSD, SDNN, SD1 e SD2.

Estudos apontam que a desidratação influencia na diminuição do volume intravascular e no aumento da osmolaridade plasmática, favorecendo um aumento na modulação simpática e no controle barorreflexo, com o intuito de funcionarem como mecanismos protetores do organismo ⁽¹⁹⁸⁾. Além disso, a hipertermia gerada pelo exercício e pela hipoidratação tem sido apontada como um fator importante que leva a diminuição da modulação vagal e aumento da modulação simpática ⁽¹⁸⁰⁾.

O índice HF, em ms^2 e nu, que refletem a modulação parassimpática do SNA, apresentaram menores valores no M5 (5 a 10 minutos de recuperação) em comparação ao M1 (repouso) em todos os protocolos. Segundo Brenner et al. ⁽¹⁹⁹⁾ durante o exercício ocorre redução da modulação parassimpática, o que explica a queda observada no primeiro momento da recuperação nestes índices.

Durante a recuperação observa-se aumento progressivo desses índices para alcançar o estado basal inicial. Jarvoka et al. ⁽¹⁸⁵⁾ corroborando os dados do presente estudo também observaram um aumento gradual do índice HF durante a recuperação, indicando reativação parassimpática após o exercício. Nesse estudo os autores avaliaram 17 voluntários saudáveis do sexo masculino com média de idade de 20 anos, que realizaram uma fase pré exercício composta por 30 minutos de repouso (25 em supino e 5 em pé), seguida por 8 minutos de exercício com 70% da potência máxima individual e uma fase de recuperação de 30 minutos em supino.

O efeito de interação encontrado para esses índices (HF [ms^2] = 0,018 e HF [nu] = 0,013) sugerem que os protocolos utilizados nesse estudo influenciaram a sua recuperação. Observa-se que os PH1 e PH2 apresentaram uma recuperação mais rápida do índice em comparação ao PC, sugerindo que os protocolos de hidratação utilizados promoveram uma recuperação mais rápida da modulação parassimpática que foi independente do protocolo utilizado.

O índice LF [nu] também apresentou interação entre os protocolos de hidratação ($p = 0,013$). Os valores observados para esse índice no PC foram mais altos em comparação com os PH1 e PH2, sugerindo que no PC a modulação simpática está aumentada em relação aos protocolos hidratados. Além disso, observa-se também que o índice LF não se recuperou em 60 minutos, ao passo que nos PH1 e PH2 a recuperação se deu em aproximadamente 15 minutos.

Reitera-se que em condições de desidratação ocorre diminuição do volume intravascular e hiperosmolaridade plasmática que proporcionam uma elevação da modulação simpática e do controle barorreflexo com o intuito de agirem como mecanismos protetores principalmente contra a hipotensão ⁽¹⁹⁸⁾. Acreditamos que

esses fatores possam ter influenciado a recuperação do PC, tornando-a mais lenta em comparação às condições de hidratação.

Além disso, a hipertermia observada no PC, oriunda do exercício físico e da hipoidratação, pode estar associada com a redução da modulação parassimpática⁽¹⁸⁰⁾. Há evidências científicas que revelam que a diminuição da modulação vagal e o aumento da modulação simpática, contribuem para a elevação da FC devido ao estresse térmico (hipertermia)⁽¹⁸⁰⁾.

Já os índices LF/HF e SD1/SD2, que reflete o balanço entre os ramos do SNA, durante a recuperação, no PC apresentaram valores maiores e menores, respectivamente, em relação aos PH1 e PH2, demonstrando assim uma predominância simpática na condição hipoidratada. Yun et al.⁽¹⁷⁹⁾ relatam que a desidratação provoca uma redução da VFC, o que torna o relação simpato-vagal elevada, por influência das alterações dos barorreceptores cardiovasculares que proporcionam retenção do volume intravascular. Os autores relatam ainda que a hidratação promove uma diminuição da modulação simpática para manter o volume intravascular e aumenta a modulação parasimpática para promover a diurese.

Carter III et al.⁽²⁴⁾ estudaram a influência das condições de hipoidratação e hidratação na realização de exercício no calor sobre o SNA em cinco indivíduos nas condições euidratado e desidratado (4% de perda da massa corporal) durante repouso inicial de 45 minutos em posição sentado, seguido de 90 minutos de exercício em cicloergômetro com intensidade de 60% do $VO_{2\text{pico}}$ e 45 minutos de recuperação em repouso. A condição de hipoidratação promoveu no período de recuperação uma diminuição dos índices LF, VLF e da relação LF/HF, entretanto o índice HF apresentou-se significativamente maior. Apesar dessa condição ter influenciado positivamente a resposta vagal (HF), a redução global da VFC e o

abrandamento das oscilações bruscas em LF e HF observadas após o exercício sugerem efeito deletério global da desidratação sobre a estabilidade autonômica cardíaca.

Esses estudos e os resultados obtidos nesse trabalho reforçam a importância da hidratação quando da realização de exercícios físicos para promover uma melhor resposta da modulação autonômica cardíaca e amenizar possíveis danos ao organismo ou até mesmo a morte súbita.

Em linhas gerais, exceto por algumas diferenças casuais, para o tipo, intensidade e duração de exercício proposto (aeróbico submáximo, 60% do $VO_{2\text{pico}}$, 90 minutos), tanto a hidratação com água quanto com solução isotônica promoveram os mesmos efeitos nos parâmetros cardiorrespiratórios e na modulação autonômica cardíaca.

Muito se têm discutido sobre a necessidade de reposição de eletrólitos durante uma reidratação. De acordo com alguns estudos ^(71,152,200), a desidratação acima de 2% do peso corporal pode comprometer a função fisiológica e influenciar o desempenho físico, devido à perda de água e eletrólitos. Estudando a hidratação com água ou solução salina sobre respostas fisiológicas durante a realização de exercício em bicicleta ergométrica a 55% do $VO_{2\text{máx.}}$, com seis horas de duração a temperatura de 30°C e umidade relativa do ar de 50%, Barr et al. ⁽²⁰¹⁾ apontaram que a reposição de sódio parece não ser necessária durante eventos de intensidade moderada e com menos de 6 horas de duração.

Além disso, Wootton ⁽²⁰²⁾ descreveu que em vários litros de suor perdido durante um exercício, a proporção de eletrólitos existente é mínima e Katch e McArdle ⁽²⁰³⁾ relatam que em um litro de suor a perda de sódio corresponde a

apenas 1,5g, a qual pode ser reposta facilmente por meio de uma alimentação normal diária.

No presente estudo, verificamos que no PC a perda de massa corporal foi de, em média, 1,48 Kg o que corresponde a 2,02% do peso corporal. Isso sugere que a perda de eletrólitos produzida pelo exercício pode não ter sido em quantidade suficiente para que a solução isotônica pudesse melhorar os parâmetros cardiorrespiratórios e a modulação autonômica cardíaca de forma mais eficiente comparado à água, portanto a reposição tanto com água quanto com isotônico foram suficientes para uma maior estabilização dessas variáveis em exercício e em recuperação de forma mais eficiente. Em relação ao custo/benefício da hidratação, como base nos resultados do presente estudo, para o tipo de exercício proposto, a água seria mais indicada por apresentar baixo custo financeiro, não necessitar de adaptação para a palatabilidade e proporcionar os mesmos feitos na modulação autonômica cardíaca e nos parâmetros cardiorrespiratórios que a solução isotônica.

Para finalizar algumas limitações do estudo devem ser consideradas. As avaliações realizadas durante o repouso e a recuperação foram feitas na posição supina, enquanto que o exercício foi executado na posição ortostática, o que poderia influenciar nas respostas das variáveis estudadas. Entretanto, acreditamos que as alterações observadas durante exercício em comparação ao repouso ocorreriam da mesma forma, independente da posição, e, as comparações entre o repouso e a recuperação foram realizadas na mesma posição, evitando possíveis efeitos do posicionamento dos voluntários nas variáveis.

Além disso, como no PC os indivíduos não foram hidratados e não foram capazes de urinar ao final do protocolo, não foi possível coletar a densidade de urina o que poderia contribuir com a interpretação dos resultados.

7 Conclusão

Conclui-se que:

1. Durante o exercício, para todos os protocolos analisados, a PAS e a FC apresentaram um aumento gradativo, enquanto que a PAD apresentou uma leve diminuição em relação à condição basal. Além disso, a SpO₂ também apresentou uma redução nos seus valores, sendo essa mais evidenciada no PC. Os protocolos de hidratação garantiram menores oscilações nos parâmetros cardiorrespiratórios analisados, no entanto sem diferença estatística. Durante a recuperação, os parâmetros cardiorrespiratórios PAS, PAD, SpO₂ e f apresentaram retorno à condição inicial mais rapidamente nos protocolos de hidratação. A FC no PC foi maior em comparação aos protocolos onde hidratação foi utilizada e não se recuperou em 60 minutos.
2. Durante o exercício, para os índices de VFC, tanto no domínio do tempo quanto da frequência, observaram-se alterações na modulação autonômica cardíaca, caracterizadas por aumento da modulação simpática e redução da parassimpática. Durante a recuperação, os índices de VFC retornaram gradativamente aos seus valores basais, em função da ativação da modulação vagal e retirada simpática, sendo que os protocolos de hidratação apresentaram melhor recuperação em comparação ao PC.
3. Os protocolos de hidratação promoveram melhores respostas tanto para os parâmetros cardiorrespiratórios quanto para os índices de VFC. No entanto, para o tipo de exercício executado (aeróbico, submáximo a 60% VO_{2pico} por 90 minutos), independente do tipo de hidratação (água vs solução isotônica) o comportamento das variáveis estudadas foi semelhante.

Referências

1. Sharpe EE, Strom NA, Roberts SK, Kingsley-Berg S, Curry TB, Eisenach JH et al. Influences of dehydration and angiotensin receptor blockade on control of sympathetic nerve activity in healthy humans. *The FASEB Journal* 2008; 22:740-14.
2. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(2):377-90.
3. Kurz A. Physiology of thermoregulation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2008; 22(4):627-44.
4. Simões MC. Formulação de um repositores hidroeletrólítico para o trabalho físico ostensivo de policiais militares, adaptado as variações climáticas de Florianópolis (requisito para obtenção do título de Doutor). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2003.
5. Casa DJ, Clarkson PM, Roberts WO. American College of Sports Medicine roundtable on hydration and physical activity: consensus statements. *Curr Sports Med Rep* 2005; 4(3): 115-2.
6. Montain SJ. Hydration recommendations for sport 2008. *Curr Sports Med Rep* 2008; 7(4):187-92.
7. Shirreffs SM, Armstrong LE, Cheuvront SN. Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *J Sports Sci* 2004; 22(1):57-63.
8. Vianna LC, Oliveira RB, Silva BM, Ricardo DR, Araújo CG. Water intake accelerates post-exercise cardiac vagal reactivation in humans. *Eur J Appl Physiol* 2008; 102(3):283-8.
9. Silami-Garcia E, Rodrigues LOC, Faria MHS, Araújo-Ferreira AP, Nassif-Leonel C, Oliveira MC et al. Efeitos de carboidratos e eletrólitos sobre a termorregulação e a potência anaeróbia medida após um exercício prolongado no calor. *Rev Bras Educ Fís Esp* 2004; 18(2):179-89.
10. Moreno IL, Pastre CM, Papoti M, Vanderlei LCM. Efeitos da reposição hidroeletrólítica sobre parâmetros cardiorrespiratórios em exercício e recuperação. *Motriz* 2012; 18(1):165-75.
11. Hamilton MT, Gonzalez-Alonso J, Montain SJ, Coyle EF. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. *J Appl Physiol* 1991; 71(3):871-7.
12. Morgan RM, Patterson MJ, Nimmo MA. Acute effects of dehydration on sweat composition in men during prolonged exercise in the heat. *Acta Physiol Scand* 2004; 182(1):37-43.

13. Kalman DS, Feldman S, Krieger DR, Bloomer R. Comparison of coconut water and a carbohydrate-electrolyte sport drink on measures of hydration and physical performance in exercise-trained men. *J Int Soc Sports Nutr* 2012; 9(1):1-10.
14. Paschoal MA, Volanti VM, Pires CS, Fernandes FC. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. *Rev Bras Fisioter* 2006; 10(4):413-19.
15. Zuttin RS, Moreno MA, César MC, Martins LEB, Catai AM, Silva E. Avaliação da modulação autonômica da frequência cardíaca nas posturas supina e sentada de homens jovens sedentários. *Rev Bras Fisioter* 2008; 12(1):7-12.
16. Glaister M. Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med* 2005; 35(9):757-7.
17. Martinmaki K, Rusko H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *Eur J Appl Physiol* 2008; 102(3):353-60.
18. Coffey V, Leveritt M, Gill N. Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables. *J Sci Med Sport* 2004; 7(1):1-10.
19. Júnior RF, Salgado HC. Estudo de variabilidade de parâmetros cardiovasculares como ferramenta para avaliação da modulação simpática cardiovascular. *Rev Bras Hipertens* 2005; 12(4):242-4.
20. Task Force of the European Society of Cardiology of the North American Society of pacing electrophysiology. Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996; 93(5):1043-65.
21. Acharya UR, Joseph KP, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: a review. *Med Biol Eng Comp* 2006; 44(12):1031-51.
22. Aubert AE, Seps B, Beackers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med* 2003; 33(12):889-919
23. Pumprla J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *Int J Cardiol* 2002; 84(1):1-14.
24. Carter III R, Chevront SN, Wray DW, Kolka MA, Stephenson LA, Sawka MN. The influence of hydration status on heart rate variability after exercise heart stress. *J Therm Biol* 2005; 30(7):495-502.
25. Moreno IL, Pastre CM, Ferreira C, de Abreu LC, Valenti VE, Vanderlei LC. Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2013; 10(1):2.
26. Braz JRC. Fisiologia da termorregulação normal. *Rev Neurocienc* 2005; 13(3):12-7.

27. Sessler DI. Temperature monitoring and perioperative thermoregulation. *Anesthesiology* 2008; 109(2):318-38.
28. Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sport and Exercise* Champaign, IL: Human Kinetics; 1994.
29. Sato K, Kang WH, Saga K, Sato KT. Biology of sweat glands and their disorders. I. Normal sweat gland function. *J Am Acad Dermatol* 1989; 20(4):537-63.
30. Burke L, Hawley JA. Fluid balance in team sports. Guidelines for optimal practices. *Sports Med* 1997; 24(1):38-54.
31. Sawka MN, Young AJ. Physiological systems and their responses to conditions of heat and cold. In: Tipton CM, Sawka MN, Tate CA, Terjung RL, editors. *ACSM's Advanced Exercises Physiology*. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins. 2006; 535-63.
32. Naghii MR. The significance of water in sport and weight control. *Nutr Health* 2000; 14(2):127-32.
33. Kreyden OP, Scheidegger EP. Anatomy of the sweat glands, pharmacology of butolinum toxin, and distinctive syndromes and associated with hyperidrosis. *Clin Dermatol* 2004; 22(1):40-4.
34. Meyer F, O'Connor H, Shirreffs SM. Nutrition for the young athlete. *J Sports Sci* 2007; 25(S1):73-82.
35. Inoue Y, Kuwahara T, Araki TJ. Maturation and aging-related changes in heat loss effector function. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2004; 23(6):289-94.
36. Saunders AG, Dugas JP, Tucker R, Lambert MI, Noakes TD. The effects of different air velocities on heat storage and body temperature in humans cycling in a hot, humid environment. *Acta Physiol Scand* 2005; 183(3):241-55.
37. McCullough EA, Kenney WL. Thermal insulation and evaporative resistance of football uniforms. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(5):832-7.
38. Sawka MN, Montain SJ. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *Am J Clin Nutr* 2000; 72(2Suppl):564-72.
39. Broad EM, Burke LM, Cox GR, Heeley P, Riley M. Body weight changes and voluntary fluid intakes during training and competition sessions in team sports. *Int J Sports Nutr* 1996; 6(3):307-20.
40. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. *Dietary reference intakes for water, sodium, chloride, potassium and sulfate*. Washington: National Academy Press; 2004.
41. Mahan LK, Escott-Stump S. *Krause's food, nutrition and diet therapy* 12th ed. Philadelphia W.B. Saunders; 2008.

42. Guyton AC, Hall JE. Textbook of medical physiology. 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2006.
43. Rehrer NJ. Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Med* 2001; 31(10):701-15.
44. Mallie JP, Ait-Djafer Z, Saunders C, Pierrat A, Caira MV, Courroy O, et al. Renal handling of salt and water in humans during exercise with or without hydration. *Eur J Appl Physiol* 2002; 86(3):196-202.
45. Sanders B, Noakes TD, Dennis SC. Sodium replacement and fluid shifts during prolonged exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 2001; 84(5):419-25.
46. Murray B. Fluid, Electrolytes and Exercise. In: Dunford M, editor. *Sports nutrition: a practice manual for professionals*. 4th ed. Washington, DC: American Dietetic Association 2006.
47. Volpe SL, Poule KA, Bland EG. Estimation of prepractice hydration status of National Collegiate Athletic Association Division I athletes. *J Athl Train* 2009; 44(6):624-9.
48. Oppliger RA, Magnes SA, Popowski LA, Gisolfi CV. Accuracy of urine specific gravity and osmolality as indicators of hydration status. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2005; 15(3):236-51.
49. Barbosa AR, Sztajn bok J. Fluid and electrolyte disorders. *J Pediatr* 1999; 75(Suppl2):S223-S233.
50. Maughan RJ. Impact of mild dehydration on wellness and on exercise performance. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57(Suppl 2):S19-23.
51. Buono MJ, Wall AJ. Effect of hypohydration on core temperature during exercise in temperate and hot environments. *Pflugers Arch* 2000; 440(3):476-80.
52. Montain SJ, Latzka WA, Sawka MN. Control of thermoregulatory sweating is altered by hydration level and exercise intensity. *J Appl Physiol* 1995; 79(5):1434-9.
53. Nielsen B, Sjogaard G, Bonde-Petersen F. Cardiovascular, hormonal and body fluid changes during prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1984; 53(1):63-70.
54. Gonzalez-Alonso J. Separate and combined influences of dehydration and hyperthermia on cardiovascular responses to exercise. *Int J Sports Med* 1998; 19(Suppl 2):S111-4.
55. Kenney WL, Tankersley CG, Newswanger DL, Hyde DE, Puhl SM, Turner NL. Age and hypohydration independently influence the peripheral vascular response to heat stress. *J Appl Physiol* 1990; 68(5):1902-8.

56. Gonzalez-Alonso J, Calbet JAL, Nielsen B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J Physiol* 1998; 513(3):895-905.
57. Carvalho T, Rodrigues T, Lancha Jr AH, Nóbrega AC, Herdy AH, Werutski CA, et al. Dietary changes, fluid replacement, food supplements and drugs: demonstration of ergogenic action and potential health risks. *Rev Bras Med Esporte* 2003; 9(2):12.
58. Montain SJ, Coyle EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol* 1992; 73(4):1340-50.
59. Hargreaves M, Dillo P, Angus D, Febbraio M. Effect of fluid ingestion on muscle metabolism during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 1996; 80(1):363-6.
60. Astrand P, Rodahl K. *Précis de physiologie musculaire*. 3rd ed. Paris: Masson; 1994.
61. Brooks G, Fahey T, Baldwin K. *Exercise physiology: human bioenergetics and its applications*. 4th ed. New York: MacMillan Publishing Company; 2004.
62. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BSE, et al. National athletic trainers association position statement: fluid replacement for athletes. *J Athl Train* 2000; 35(2):212-24.
63. Dickson JM, Weavers HM, Mitchell N, Winter EM, Wilkinson ID, Van Beek EJR, et al. The effects of dehydration on brain volume - preliminary results. *Int J Sports Med* 2005; 26(6):481-5.
64. Carter R, Chevront SN, Vernieuw CR, Sawka MN. Hypohydration and prior heat stress exacerbates decreases in cerebral blood flow velocity during standing. *J Appl Physiol* 2006; 101(6):1744-50.
65. Watson G, Judelson DA, Armstrong LE, Yeargin SW, Casa DJ, Maresh CM. Influence of diuretic-induced dehydration on competitive sprint and power performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(7):1168-74.
66. Noakes T. Fluid replacement during marathon running. *Clin J Sport Med* 2003; 13(5):309-18.
67. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41(3):709-31.
68. Guimarães MT, Silami-Garcia E. Water replacement and thermoregulatory responses during prolonged exercise. *Braz J Med Biol Res* 1993; 26(11):1237-40.
69. Chevront SN, Sawka MN. Hydration assessment of athletes. *Sports Science Exchange* 1997; 18(2):1-12.
70. McConell GK, Burge CM, Skinner SL, Hargreaves M. Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise. *Acta Physiol Scand* 1997; 160(2):149-56.

71. Cheuvront SN, Carter R, Sawka MN. Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr Sports Med Rep* 2003; 2(4):202-8.
72. Daries HN, Noakes TD, Dennis SC. Effect of fluid intake volume on 2h running performances in a 25°C environment. *Med Sci Sport Exerc* 2000; 32(10):1783-9.
73. Maughan RJ, Shirreffs SM, Leiper JB. Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *J Sports Sci* 2007; 25(7):797-804.
74. McKinley MJ, Cairns MJ, Denton DA, Egan G, Mathai ML, Uschakov A, et al. Physiological and pathophysiological influences on thirst. *Physiol Behav* 2004; 81(5):795-803.
75. Moquin A, Mazzeo RS. Effect of mild dehydration on the lactate threshold in women. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(2):396-402.
76. Buskirk ER, Iampietro PF, Bass DE. Work performance after dehydration: effects of physical conditioning and heat acclimatization. 1958. *Wilderness Environ Med* 2000; 11(3):204-8.
77. Dunford M. *Sports nutrition: a practice manual for professionals*. 4th ed.; 2006.
78. Armstrong LE, Costill DL, Fink WJ. Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1985; 17(4):456-61.
79. Judelson DA, Maresh CM, Anderson JM, Armstrong LE, Casa DJ, Kraemer WJ, et al. Hydration and muscular performance: does fluid balance affect strength, power and high-intensity endurance? *Sports Med* 2007; 37(10):907-21.
80. Cheuvront SN, Montain SJ, Sawka MN. Fluid replacement and performance during the marathon. *Sports Med* 2007; 37(4-5):353-7.
81. Maughan RJ. Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. In: Harries M, Williams C, Stanish W, Micheli L, editors. *Oxford textbook of Sports Medicine* New York: Oxford Medical Publications; 1994.
82. Cheuvront SN, Carter R, Castellani JW, Sawka MN. Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *J Appl Physiol* 2005; 99(5):1972-6.
83. Shirreffs SM. The importance of good hydration for work and exercise performance. *Nutr Rev* 2005; 63(6 Pt 2):14-21.
84. Irving RA, Noakes TD, Burger SC, Myburgh KH, Querido D, van Zyl Smit R. Plasma volume and renal function during and after ultramarathon running. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22(5):581-7.
85. Maughan RJ, Shirreffs SM. Dehydration and rehydration in competitive sport. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20(Suppl3):40-7.

86. Callegaro CC, Moraes RS, Negrão CE, Trombetta IC, Rondon MU, Teixeira MS, Silva SC, Ferlin EL, Krieger EM, Ribeiro JP. Acute water ingestion increases arterial blood pressure in hypertensive and normotensive subjects. *J Hum Hypertens* 2007; 21(7):564-70.
87. Gonzalez-Alonso J, Mora-Rodriguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol* 1995; 79(5):1487-96.
88. Charkoudian N, Halliwill JR, Morgan BJ, Eisenach JH, Joyner MJ. Influences of hydration on postexercise cardiovascular control in humans. *J Physiol* 2003; 552(Pt2):635-44.
89. Berne RM, Levy MN, Fisiologia. 4 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1998.
90. Beda A. Cardiovascular and respiratory responses to psychophysiological tasks: methodological issues for assessing autonomic regulation. Ph.D thesis, University of Southampton, Southampton, UK, 2007.
91. Paschoal MA, Gonçalves NOV, Petrelluzzi KFS, Machado RV. Controle autonômico cardíaco durante a execução de atividade física dinâmica de baixa intensidade. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 2003; 13(5 Suppl A):S1-11.
92. Cooke WH, Cox JF, Diedrich AM, Taylor JA, Beightol LA, Ames JE, et al. Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 1998; 274(2):709-18.
93. Malik M, Bigger TJ, Camm AJ, Kleiger RE, Malliani A, Moss AJ, et al. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J* 1996; 17(3):354-81.
94. Caruana-Montaldo B, Gleeson K, Zwillich CW. The control of breathing in clinical practice. *Chest* 2000; 117(1):205-25.
95. Catai AM, Chacon-Mikahil MPT, Martinelli FS, Forti VAM, Silva E, Golfetti R, et al. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep on cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. *Braz J Med Biol Res* 2002; 35(6):741-52.
96. Santos MDB, Moraes FR, Marães VRFS, Sakabe DI, Takahashi ACM, Oliveira L, et al. Estudo da arritmia sinusal respiratória e da variabilidade da frequência cardíaca de homens jovens e de meia-idade. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 2003; 13(3 Suppl A):S15-25.
97. Gonçalves HMSLM. Caracterização da variabilidade da frequência cardíaca através de métodos lineares e não-lineares [dissertação]. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; 2004. p. 10-20.
98. Ribeiro JP, Moraes Filho RS. Variabilidade da frequência cardíaca como instrumento de investigação do sistema nervoso autônomo. *Rev Bras Hipertens* 2005; 12(1):14-20.

99. Reis AF, Bastos BG, Mesquita ET, Romeu Filho LJM, Nóbrega ACL. Disfunção parassimpática, variabilidade de frequência cardíaca e estimulação colinérgica após infarto agudo do miocárdio. *Arq Bras Cardiol* 1998; 70(3):193-7.
100. Rassi Jr A. Compreendendo melhor as medidas de análise da variabilidade da frequência cardíaca – parte 2. Diagnóstico em cardiologia – Informativo técnico do holter, MAPA, ECG e Loop para cardiologistas [citado 2005 fev. 25]. Disponível em: <http://www.cardios.com.br/Jornais/jornal-20/metodos%20diagnosticos.htm>.
101. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2009; 24(2):205-17.
102. Rocha RM, Albuquerque DC, Albanesi Filho FM. Variabilidade da frequência cardíaca e ritmo circadiano em pacientes com angina estável. *Rev Socerj* 2005; 18(4):429-42.
103. Smith AL, Reynolds KJ, Owen H. Correlated Poincaré indices for measuring heart rate variability. *Australas Phys Eng Sci Med* 2007; 30(4):336-41.
104. Shaled AS, Owis MI, Mohamed ASA. Employing time-domain methods and poincaré plot of heart rate variability signals to detect congestive heart failure. *BIME Journal* 2006; 6(1):35-41.
105. Vito GD, Galloway SDR, Nimmo MA, Maas P, McMurray JJV. Effects of central sympathetic inhibition on heart rate variability during steady-state exercise in healthy humans. *Clin Physiol & Func Im* 2002; 22(1):32-8.
106. Tulppo MP, Makikallio TH, Takala TES, Seppanen T, Huikuri HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol* 1996; 271(7):H244-H252.
107. Brunetto AF, Silva BM, Roseguini BT, Hirai DM, Guedes DP. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11(1):22-7.
108. Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, et al. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circulation* 1986; 59(2):178-93.
109. Malliani A, Pagani M, Lombardi F, Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 1991; 84(2):482-92.
110. Huikuri HV, Makikallio TH, Perkiomaki J. Measurement of heart rate variability by methods based on nonlinear dynamics. *J Electrocardiol* 2003; 36(Suppl):95-9.
111. Godoy MF, Takakura IT, Correa PR. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e

mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Arq Ciênc Saúde* 2005; 12(4):167-71.

112. Carnethon MR, Liao D, Evans GW, Cascio WE, Chambless LE, Heiss G. Correlates of the shift in heart rate variability with an active postural change in a health population sample: The atherosclerosis risk in communities study. *Am Heart J* 2002; 143(5):808-13.

113. Carnethon MR, Liao D, Evans GW, Cascio WE, Chambless LE, Rosamond WD, et al. Does the cardiac autonomic response to postural change predict incident coronary heart disease and mortality? *Am J Epidemiol* 2002; 155(1):48-56.

114. Javorka M, Trunkvalterova Z, Tonhajzerova I, Javorkova J, Javorka K, Baumert M. Short-term heart rate complexity is reduced in patients with type 1 diabetes mellitus. *Clin Neurophysiol* 2008; 119(5):1071-81.

115. Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(8):1366-73.

116. Nakamura Y, Yamamoto Y, Muraoka I. Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. *J Appl Physiol* 1993; 74(2):875-81.

117. Shin K, Minamitami H, Onishi S, Yamazaki H, Lee M. The power spectral analyses of heart rate variability in athletes during dynamic exercise - Part I. *Clin Cardiol* 1995; 18(10):583-6.

118. Bernardi L, Salvucci F, Suardi R, Soldá PL, Calciati A, Perlini S, et al. Evidence for an intrinsic mechanism regulating heart rate variability in the transplanted and the intact heart during submaximal dynamic exercise? *Cardiovasc Res* 1990; 24(12):969-81.

119. Alonso DO, Forjaz CLM, Rezende LO, Braga AMFW, Barretto ACP, Negrão CE, et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. *Arq Bras Cardiol* 1998; 71(6):787-92.

120. Casties JF, Mottet D, Le Gallais D. Non-linear analyses of heart rate variability during heavy exercise and recovery in cyclists. *Int J Sports Med* 2006; 27(10):780-5.

121. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006; 290(6):H2446-52.

122. Kaikkonen P, Rusko H, Martinmäki K. Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18(4):511-9.

123. Perini R, Orizio C, Comandè A, Castellano M, Beschi M, Veicsteinas A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1989; 58(8):879-83.

124. Martinmäki K, Rusko H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *Eur J Appl Physiol* 2008; 102(3):353-60.
125. Neves VR, Kiviniemi AM, Hautala AJ, Karjalainen J, Piira OP, Catai AM, et al. Heart Rate Dynamics after Exercise in Cardiac Patients with and without Type 2 Diabetes. *Front Physiol* 2011; 2:57.
126. Sin DD, Wong E, Mayers I, Lien DC, Feeny D, Cheung H, et al. Effects of nocturnal noninvasive mechanical ventilation on heart rate variability patients with advanced COPD. *Chest* 2007; 131(1):156-63.
127. Carvalho TD, Pastre CM, Godoy MF, Ferreira C, Pitta FO, Abreu LC, et al. Fractal correlation property of heart rate variability in chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2011; 6:23-8.
128. Cripps TR, Malik M, Farrell TS, Camm AJ. Prognostic value of reduced heart rate variability after myocardial infarction: clinical evaluation of a new analysis method. *Br Heart J* 1991; 65(1):14-9.
129. Furuland H, Linde T, Englund A, Wikström B. Heart rate variability is decreased in chronic kidney disease but may improve with hemoglobin normalization. *J Nephrol* 2008; 21(1):45-52.
130. Lerma C, Infante O, Pérez-Grovas H, José MV. Poincaré plot indexes of heart rate variability capture dynamic adaptations after haemodialysis in chronic renal failure patients. *Clin Physiol Funct Imaging* 2003; 23(2):72-80.
131. Shephard RJ, Balady GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation* 1999; 99(7):963-72.
132. De Angelis K, Wichi RB, Jesus WR, Moreira ED, Morris M, Krieger EM, et al. Exercise training changes autonomic cardiovascular balance in mice. *J Appl Physiol* 2004; 96(6):2174-8.
133. Billman GE, Kukielka. The effect of endurance exercise training on heart rate variability in animals susceptible to sudden cardiac death: Cardioprotection does not solely result from enhanced cardiac vagal regulation. *J Appl Physiol* 2006; 100(3):896-906.
134. Bronzatto HA, Silva RP, Stein R. Morte súbita relacionada ao exercício. *Rev Bras Med Esporte* 2001; 7(5):163-9.
135. Maron BJ, Epstein SE, Roberts WC. Causes of sudden death in competitive athletes. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7(1):204-14.
136. Ferreira M, Santos-Silva PR, Abreu LC, Valenti VE, Crispim V, Imaizumi C, et al. Sudden cardiac death athletes: a systematic review. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol* 2010; 2:19.

137. Varró A, Baczko I. Possible mechanisms of sudden cardiac death in top athletes: a basic cardiac electrophysiological point of view. *Pflugers Arch* 2010; 460(1):31-40.
138. Seixas MA, Franchin Jr CA, Silva CES, Leal SMB, Ortiz J. Ponte miocárdica em portadora de anemia falciforme. *Arq Bras Cardiol* 1999; 72(2):191-5.
139. Bille K, Figueiras D, Schamasch P, Kappenberger L, Brenner JI, Meijboom FJ, et al. Sudden cardiac death in athletes: the Lausanne Recommendations. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006; 13(6):859-75.
140. Sadaniantz A, Thompson PD. The problem of sudden death in athletes as illustrated by case studies. *Sports Med* 1990, 9(4):199-204.
141. Tukek T, Yildiz P, Atilgan D, Tuzcu V, Eren M, Erk O, et al. Effect of diurnal variability of heart rate on development of arrhythmia in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Cardiol* 2003; 88(2-3):199-206.
142. Hayano J, Takahashi H, Toriyama T, Mukai S, Okada A, Sakata S et al. Prognostic value of heart rate variability during long-term follow-up in chronic haemodialysis patients with end-stage renal disease. *Nephrol Dial Transplant* 1999; 14(6):1480-8.
143. Singer DH, Martin GJ, Magid N, Weiss JS, Schaadm JW, Eho R, et al. Low heart rate variability and sudden cardiac death. *J Electrocardiol* 1988; 21(Suppl):S46-55.
144. Molgaard H, Sørensen KE, Bjerregaard P. Attenuated 24-h heart rate variability in apparently healthy subjects, subsequently suffering sudden cardiac death. *Clin Auton Res* 1991; 1(3):233-7.
145. González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol* 1997; 82(4):1229-36.
146. Sawka MN, Young AJ, Francesconi RP, Muza SR, Pandolf KB. Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J Appl Physiol* 1985; 59(5):1394-401.
147. Charkoudian N, Rabbitts JA. Sympathetic neural mechanisms in human cardiovascular health and disease. *Mayo Clin Proc* 2009; 84(9):822-30.
148. Pardini R, Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade E, Braggion G, et al. Validação do questionário internacional de nível de atividade física (IPAQ - versão 6): estudo piloto em adultos jovens brasileiros. *Rev Bras Ciên e Mov* 2001; 9(3):45-51.

149. Tebexreni AS, Lima EV, Tambeiro VL, Neto TLB. Protocolos tradicionais em ergometria, suas aplicações práticas “versus” protocolo de rampa. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 2001; 11(3):519-28.

150. Novitsky S, Segal KR, Chart-Aryamontri B, Guvakov D, Katch VL. Validity of a new portable indirect calorimeter: the Aerosport TEM 100. *Eur J Appl Physiol* 1995; 70(5):104-6.

151. Wideman L, Stoudemire NM, Pass KA, McGinnes CL, Gaesser GA, Weltman A. Assessment of the Aerosport TEEM 100 portable metabolic measurement system. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28(4):509-15.

152. Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawka MN, Senay LC Jr, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28(1):i-vii.

153. Hernandez AJ, Nahas RM. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. *Rev Bras Med Esporte* 2009; 15(3):3-12.

154. Von Duvillard SP, Braun WA, Markofski M, Beneke R, Leithäuser R. Fluids and hydration in prolonged endurance performance. *Nutrition* 2004; 20(7-8):651-6.

155. Shirreffs SM. Hydration in sport and exercise: water, sports drinks and other drinks. *Nutr Bull* 2009; 34(4):374-9.

156. Armstrong LE. Hydration assessment techniques. *Nutr Rev* 2005; 63(6 Pt 2):S40-54.

157. Vanderlei LCM, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy MF. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Biol Res* 2008; 41(10):854-9.

158. Gamelin FX, Berthoin S, Bosquet L. Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(5):887-93.

159. Sociedade Brasileira de Cardiologia/Sociedade Brasileira de Hipertensão/Sociedade Brasileira de Nefrologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95(1 supl.1):1-51.

160. Irwin S, Tecklin JS. *Fisioterapia cardiopulmonar*. 3ed. São Paulo: Manole; 2003. p. 348-9.

161. Nunes WA, Terzi RGG. Pulse oximeters in the evaluation of oxygen transportation in critical patients. *Rev Latino-Am Enfermagem* 1999; 7(2):79-85.

162. Tarvainen MP, Niskanen JA, Lipponen PO, Ranta-aho, Karjalainen PA. Kubios HRV – a software for advanced heart rate variability analysis. In: Sloten JV, Verdonck P, Nyssen M, Haueisen J, editors. 4th European Conference on the

International Federation for Medical and Biological Engineering. Berlin: Springer; 2008. p. 1022-5.

163. Marães VFSR, Teixeira LCA, Catai AM, Milan LA, Rojas FAR, Oliveira L, et al. Determinação e avaliação do limiar de anaerobiose a partir de métodos de análise da frequência cardíaca de sua variabilidade. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 2003; 13(4):1-6.

164. Lopes FL, Pereira FM, Reboredo MM, Castro TM, Vianna JM, Novo Jr JM, et al. Reduction of heart rate variability in middle-aged individuals and the effect of strength training. *Rev Bras Fisioter* 2007; 11(2):113-9.

165. Terathongkum S, Pickler RH. Relationships among heart rate variability, hypertension, and relaxation techniques. *J Vasc Nurs* 2004; 22(3):78-82.

166. Voss A, Schroeder R, Truebner S, Goernig M, Figulla HR, Schirdewan A. Comparison of nonlinear methods symbolic dynamics, detrended fluctuation, and Poincaré plot analysis in risk stratification in patients with dilated cardiomyopathy. *Chaos* 2007; 17(1):015120.

167. Monteiro MF, Sobral Filho DC: Exercício físico e o controle da pressão arterial. *Rev Bras Med Esporte* 2004; 10(6):513-6

168. Fox EL, Bowers RW e Foss ML. Bases fisiológicas da educação física e dos desportos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

169. González-Alonso J, Calbet JA, Nielsen B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J Physiol* 1998; 513(Pt3):895-905.

170. González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol* 1995; 79(5):1487-96.

171. Merry TL, Ainslie PN, Cotter JD. Effects of aerobic fitness on hypohydration-induced physiological strain and exercise impairment. *Acta Physiol* 2010; 198(2):179-90.

172. Powers SK, Howley ET. Fisiologia do exercício. Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 4 ed. São Paulo Manole, 2005.

173. Mortensen SP, Dawson EA, Yoshiga CC, Dalsgaard MK, Damsgaard R, Secher NH, et al. Limitations to systemic and locomotor limb muscle oxygen delivery and uptake during maximal exercise in humans. *J Physiol* 2005; 566(Pt 1):273-85.

174. Le VV, Mitiku T, Sungar G, Myers J, Froelicher V. The blood pressure response to dynamic exercise testing: A systematic review. *Prog Cardiovasc Dis* 2008; 51(2):135-160.

175. Brown CM, Barberini L, Dulloo AG, Montani JP. Cardiovascular responses to water drinking: does osmolality play a role? *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2005; 289(6):R1687-92.
176. González-Alonso J, Calbet JA. Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation* 2003; 107(6):824-30.
177. Hayashi K, Honda Y, Ogawa T, Kondo N, Nishiyasu T. Relationship between ventilatory response and body temperature during prolonged submaximal exercise. *J Appl Physiol* 2006; 100(2):414-20.
178. White MD. Components and mechanisms of thermal hyperpnea. *J Appl Physiol* 2006; 101(2):655-63.
179. Yun AJ, Lee PY, Bazar KA. Clinical benefits of hydration and volume expansion in a wide range of illnesses may be attributable to reduction of sympatho-vagal ratio. *Med Hypotheses* 2005; 64(3):646-50.
180. Crandall CG, Zhang R, Levine BD. Effects of whole body heating on dynamic baroreflex regulation of heart rate in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000; 279(5):H2486-92.
181. Khanna GL, Manna I. Supplementary effect of carbohydrate-electrolyte drink on sports performance, lactate removal & cardiovascular response of athletes. *Indian J Med Res* 2005; 121(5):665-9.
182. Boettger S, Puta C, Yeragani VK, Donath L, Muller HJ, Gabriel HH, et al. Heart rate variability, QT variability, and electrodermal activity during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42(3):443-8.
183. Brum PC, Forjaz CLM, Tinucci T, Negrão CE. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev Paul Educ Fís* 2004; 18:21-31.
184. Perini R, Orizio C, Baselli G, Cerutti S, Veicsteinas A. The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990; 61(1-2):143-8.
185. Javorka M, Zila I, Balhárek T, Javorka K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res* 2002; 35(8):991-1000.
186. Casadei B, Moon J, Johnston J, Caiazza A, Sleight P. Is respiratory sinus arrhythmia a good index of cardiac vagal tone in exercise? *J Appl Physiol* 1996; 81(2):556-64.
187. Macor F, Fagard R, Amery A. Power spectral analysis of RR interval and blood pressure short-term variability at rest and during dynamic exercise: comparison between cyclists and controls. *Int J Sports Med* 1996; 17(3):175-181.

188. Mourof L, Bouhaddi M, Perrey S, Rouillon JD, Regnard J. Quantitative Poincaré plot analysis of heart rate variability: effect of endurance training. *Eur J Appl Physiol* 2004; 91(1):79-87.
189. Brown CA, Wolfe LA, Hains S, Ropchan G, Parlow J. Heart rate variability following coronary artery bypass graft surgery as a function of recovery time, posture, and exercise. *Can J Physiol Pharm* 2004; 82(7):457-64.
190. Fei L, Anderson MH, Statters DJ, Malik M, Camm AJ. Effects of passive tilt and submaximal exercise on spectral heart rate variability in ventricular fibrillation patients without significant structural heart disease. *Am Heart J* 1995; 129(2):285-90.
191. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341(18):1351-7.
192. Coote JH. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Exp Physiol* 2010; 95(3):431-40.
193. Buchheit M, Laursen PB, Ahmadi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007a; 293(1):133-41.
194. Gujic M, Laude D, Houssiere A, Beloka S, Argacha JF, Adamopoulos D, et al. Differential effects of metaboreceptor and chemoreceptor activation on sympathetic and cardiac baroreflex control following exercise in hypoxia in human. *J Physiol* 2007; 585(Pt1):165-74.
195. Niemela TH, Kiviniemi AM, Hautala AJ, Salmi JA, Linnamo V, Tulppo MP. Recovery pattern of baroreflex sensitivity after exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40(5):864-70.
196. Albert CM, Mittleman MA, Chae CU, Lee IM, Hennekens CH, Manson JE. Triggering of sudden death from cardiac causes by vigorous exertion. *N Engl J Med* 2000; 343(19):1355-61.
197. Schwartz PJ, La Rovere MT, Vanoli E. Autonomic nervous system and sudden cardiac death: experimental basis and clinical observations for postmyocardial infarction risk stratification. *Circulation* 1992; 85(1Suppl):I77-91.
198. Charkoudian N, Eisenach JH, Joyner MJ, Roberts SK, Wick DE. Interactions of plasma osmolality with arterial and central venous pressures in control of sympathetic activity and heart rate in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2005; 289(6):H2456-60.
199. Brenner IK, Thomas S, Shephard RJ. Autonomic regulation of the circulation during exercise and heat exposure: inferences from heart rate variability. *Sports Med* 1998; 26(2):85-99.
200. Sawka MN. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24(6):657-70.

201. Barr SI, Costill DL, Fink WJ. Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline or no fluid. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(7):811-7.

202. Wootton S. *Nutrición y deporte*, Zaragoza: Acriba, 1988.

203. Katch FL, McArdle W. *Nutrição, controle de peso, exercício*. 2 ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1990.

ANEXO I – QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA - VERSÃO CURTA

IPAQ

Nome: _____

Data: ____/____/____ Idade: _____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você **CAMINHOU** por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia?**

horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia?**

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana?**

_____horas _____minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana?**

_____horas _____minutos

PERGUNTA SOMENTE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

5. Você já ouviu falar do Programa Agita São Paulo? () Sim () Não

6. Você sabe o objetivo do Programa? () Sim () Não

ANEXO II – CLASSIFICAÇÃO DO IPAQ

A classificação dos níveis de atividade física através do IPAQ versão curta são as seguintes apresentadas abaixo:

Muito Ativo: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a. Atividade VIGOROSA: ≥ 5 dias na semana e ≥ 30 minutos por sessão; **ou**
- b. Atividade VIGOROSA: ≥ 3 dias na semana e ≥ 20 minutos por sessão + Atividade MODERADA e/ou CAMINHADA: ≥ 5 dias na semana e ≥ 30 minutos por sessão.

Ativo: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a. Atividade VIGOROSA: ≥ 3 dias na semana e ≥ 20 minutos por sessão; **ou**
- b. Atividade MODERADA ou CAMINHADA: ≥ 5 dias na semana e ≥ 30 minutos por sessão; **ou**
- c. Qualquer atividade somada: ≥ 5 dias na semana e ≥ 150 minutos na semana (caminhada + atividade moderada + atividade vigorosa).

Insuficientemente Ativo: aquele que realiza atividade física, porém insuficiente para ser classificado como ativo, pois não cumpre as recomendações quanto à frequência ou duração. Para realizar essa classificação soma-se a frequência e a duração dos diferentes tipos de atividades (caminhada + atividade moderada + atividade vigorosa). Este grupo foi dividido em dois subgrupos de acordo com o cumprimento ou não de alguns dos critérios de recomendação:

- **Insuficientemente Ativo A:** aquele que atinge pelo menos um dos critérios da recomendação quanto à frequência ou quanto à duração da atividade:
 - a. Frequência: 5 dias na semana; **ou**
 - b. Duração: 150 minutos na semana.

- **Insuficientemente Ativo B:** aquele que não atingiu nenhum dos critérios da recomendação quanto à frequência nem quanto à duração.

Sedentário: aquele que não realizou nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana.

ANEXO III – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PESQUISA: Hidratação em exercício de longa duração: Efeitos de diferentes protocolos sobre a variabilidade de frequência cardíaca, parâmetros cardiorrespiratórios, frequência cardíaca de recuperação e reentrada vagal.

COORDENADOR: Prof. Dr. Celso Ferreira.

PESQUISADORA: Franciele Marques Vanderlei.

As informações contidas nesta folha, fornecidas por CELSO FERREIRA ou FRANCIELE MARQUES VANDERLEI têm por objetivo firmar acordo escrito com o voluntário para participação da pesquisa acima referida, autorizando sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos que será submetido.

1) Natureza da pesquisa: você é convidado a participar desta pesquisa, que tem como finalidade investigar a influência da hidratação com água ou bebida isotônica sobre o sistema cardiorrespiratório, por meio da análise da frequência cardíaca, pressão arterial, frequência respiratória, saturação de oxigênio e a modulação autonômica do coração, analisada através da variabilidade da frequência cardíaca, em exercício e recuperação.

2) Participantes da pesquisa: 30 voluntários, com características sócio-econômicas e faixa etária entre 18 e 25 anos, considerados como ativo por meio do Questionário Internacional de Atividade Física.

3) Envolvimento na pesquisa: ao participar deste estudo você deverá permitir que dois questionários sejam aplicados: um contendo seus dados pessoais e outro para classificar o grau de suas atividades de vida diária. O procedimento experimental será executado em duas etapas. Na primeira você será submetido a

um teste de esforço máximo, cujos resultados serão utilizados para determinação da intensidade de exercício que você executará na segunda etapa. Na segunda etapa você participará de três protocolos experimentais que terão a duração de aproximadamente três horas cada protocolo. Para realização destes protocolos será necessária a ingestão de 500 ml de água, 2 horas antes do horário previsto para o seu início. Durante a execução do protocolo será afixada ao seu tórax uma cinta de captação e no seu punho um receptor de frequência cardíaca e você terá sua pressão arterial, frequência respiratória e saturação de oxigênio mensuradas em diversos momentos durante sua realização. Você tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para você. Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através dos integrantes da equipe do projeto (vide endereço e telefone abaixo) e, se necessário através do Comitê de Ética em Pesquisa (Rua Botucatu, 572 – 1º andar conj. 14 – (0xx11) 5571-1062/ (0xx11) 5539-7162 – Email: cepunifesp@unifesp.br).

4) Sobre as coletas: as coletas serão marcadas com antecedência e serão realizadas no Laboratório de Fisiologia do Estresse da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, localizado à rua Roberto Simonsen, 305 – Discente I, sala 16 – Presidente Prudente, SP, entre 13:00 e 17:00 horas. Os experimentais serão feitos com um intervalo mínimo de 48 horas entre eles.

5) Protocolo experimental: na primeira etapa do protocolo você será submetido a um teste de esforço máximo que será realizado em uma esteira rolante e terá os seus parâmetros cardiorrespiratórios controlados. Na segunda etapa, para a realização dos três protocolos experimentais você deverá alimentar-se com uma dieta leve e hidratar-se com 500 ml de água 2h antes dos protocolos. Seu peso,

estatura e temperatura serão coletados assim que chegar no local. É importante lembrar que a coleta de peso corporal será realizada na forma desnuda, em ambiente isolado, sem a presença do pesquisador, para evitar a influência de suas vestimentas na mensuração. Antes do início dos protocolos serão colocadas a cinta de um frequencímetro cardíaco no seu tórax e um relógio receptor em seu pulso, e você ficará deitado confortavelmente, durante dez minutos. Ao final deste período serão mensuradas a pressão arterial, a frequência respiratória e a saturação de oxigênio. Em seguida você realizará uma atividade física que terá a duração de 90 minutos em esteira ergométrica com uma intensidade equivalente a 60% da obtida no teste de esforço, intensidade esta considerada como moderada. Sua frequência cardíaca será monitorada ao longo de todo o protocolo pelo cardiófrequencímetro, sua pressão arterial será verificada de forma indireta, utilizando-se um esfigmomanômetro aneróide e um estetoscópio, a frequência respiratória será mensurada por observação do movimento do seu tórax e a saturação de oxigênio por um equipamento chamado oxímetro. Esses parâmetros serão mensurados no final do 10º minuto de repouso pré-exercício, a partir do décimo minuto do início do exercício com intervalos de dez minutos. Após o exercício, você permanecerá deitado confortavelmente por 60 minutos e os parâmetros anteriores citados serão novamente mensurados no 1º, 3º, 5º, 7º, 10º e a partir daí a cada 10 minutos até o final da recuperação. Ao final desse período, seu peso será novamente mensurado, como relatado na condição inicial. Você será também submetido em dois dos protocolos a um procedimento de hidratação durante o exercício e a recuperação no qual fará a ingestão de água ou bebida isotônica em intervalos de quinze minutos a partir do décimo minuto de exercício, sendo que a quantidade destas substâncias a ser ingerida será proporcional à perda de peso corporal obtida na análise do primeiro

protocolo experimental, no qual não há ingestão de água. Ainda, apenas ao final desse protocolo, você será orientado a colher sua urina, que deverá ser coletada em um pote esterilizado, para confirmar a sua condição de hidratação, sendo a mesma descartada imediatamente após a análise.

6) Riscos e desconforto: os procedimentos utilizados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme resolução n. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde – Brasília – DF. Nenhum dos procedimentos utilizados oferece desconfortos ou riscos a sua pessoa, exceto o cansaço normal de uma atividade física.

7) Confidencialidade: todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Seus dados serão identificados com um código, e não com seu nome. Apenas os membros da pesquisa terão conhecimento dos dados, assegurando assim sua privacidade.

8) Benefícios: Ao participar desta pesquisa você não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre a influência da hidratação a base de água mineral e solução isotônica no comportamento autonômico cardíaco em exercício e recuperação, de forma que o conhecimento que será construído a partir dessa pesquisa possa ser utilizado em benefício de outros indivíduos que praticam atividade física. Os pesquisadores envolvidos com a pesquisa se comprometem a divulgar os resultados obtidos.

9) Pagamento: Você não terá nenhum tipo de despesa por participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

10) Liberdade de recusar ou retirar o consentimento: Você tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo sem penalizações.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto, preencha os itens que seguem:

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____

após a leitura e compreensão destas informações, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

São Paulo, _____/_____/_____

Telefone para contato: _____

Assinatura do voluntário: _____

Assinatura do coordenador: _____

Assinatura do pesquisador: _____

Contatos:

Prof. Dr. Celso Ferreira – Rua Napoleão de Barros, 715 – (0xx11) 5572-5462 –

Email: ferreira-celso@uol.com.br

Franciele Marques Vanderlei – Rua Tamandaré, 734 – (0xx11) 3277-7994 – E-mail:

franmvanderlei@gmail.com

Comitê de Ética Unifesp – Rua Botucatu, 572 – 1º andar conj. 14 – (0xx11) 5571-

1062/ (0xx11) 5539-7162 – Email: cepunifesp@unifesp.br

ANEXO IV – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO PAULO - UNIFESP/
HOSPITAL SÃO PAULO

**COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Hidratação em exercício de longa duração: Efeitos de diferentes protocolos sobre a variabilidade de frequência cardíaca, parâmetros cardiorrespiratórios, frequência cardíaca de recuperação e reentrada vagal

Pesquisador: Franciele Marques Vandertei

Versão: 2

CAAE: 02481012.0.1001.5505

Instituição Proponente: Universidade Federal de São Paulo ((UNIFESP))

DADOS DO COMPROVANTE

Número do Comprovante: 008104/2012

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14

Bairro: VILA CLEMENTINO **CEP:** 04.023-061

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)5539-7162 **Fax:** (11)5571-1062 **E-mail:** cepunifesp@unifesp.br

Tabela 3. Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% para os índices de VFC obtidos no domínio do tempo para os protocolos PC, PH1 e PH2 em repouso e exercício.

Índice	Protocolo	Momentos			
		M1	M2	M3	M4
SDNN (ms)	PC	44,96 ± 15,84 (42,70)* [39,15 – 50,77]	8,71 ± 3,91 (7,60) [7,27 – 10,14]	6,52 ± 2,08 (6,60) [5,75 – 7,28]	5,95 ± 1,89 (5,60) [5,26 – 6,65]
	PH1	45,27 ± 19,30 (40,50)* [38,19 – 52,35]	8,94 ± 3,43 (8,90) [7,68 – 10,20]	7,46 ± 2,98 (6,90) [6,36 – 8,55]	6,46 ± 2,90 (6,30) [5,40 – 7,53]
	PH2	49,03 ± 17,66 † (46,50) [42,44 – 55,62]	9,31 ± 3,44 (9,70) [8,05 – 10,58]	7,77 ± 3,33 (7,30) [6,55 – 9,00]	6,89 ± 2,11 (6,70) [6,12 – 7,67]
rMSSD (ms)	PC	35,80 ± 18,97 (35,50)* [28,84 – 42,76]	3,68 ± 0,92 (3,60) [3,34 – 4,02]	3,36 ± 0,85 (3,30) [3,05 – 3,67]	3,29 ± 0,78 (3,20) [3,00 – 3,57]
	PH1	35,36 ± 19,64 (30,30)* [28,15 – 42,56]	4,05 ± 1,23 (3,70) [3,60 – 4,51]	3,53 ± 0,83 (3,30) [3,23 – 3,84]	3,55 ± 0,99 (3,20) [3,19 – 3,91]
	PH2	40,91 ± 19,60 (37,00)* [33,72 – 48,11]	4,31 ± 1,62 (3,90) [3,71 – 4,91]	3,54 ± 0,84 (3,40) [3,23 – 3,85]	3,39 ± 0,95 (3,20) [3,04 – 3,74]

Legenda: SDNN = desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais; rMSSD = raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR normais sucessivos; M = momento; ms = milissegundos; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

*M1 diferente estatisticamente de M2, M3 e M4 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

†M1 diferente estatisticamente de M2, M3 e M4 (ANOVA para medidas repetidas seguida de pós teste de Tukey).

Tabela 4. Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% para os índices de VFC obtidos no domínio da frequência para os protocolos PC, PH1 e PH2 em repouso e exercício.

Índice	Protocolo	Momentos			
		M1	M2	M3	M4
LF (ms ²)	PC	627,22 ± 488,69 (448,00)* [448,00 – 806,46]	12,32 ± 14,04 (7,00) [7,17 – 17,47]	6,54 ± 7,32 (3,00) [3,86 – 9,23]	4,64 ± 5,94 (2,00) [2,46 – 6,82]
	PH1	724,03 ± 683,03 (455,00)* [473,53 – 974,54]	15,29 ± 15,05 (8,00) [9,76 – 20,81]	7,35 ± 7,12 (4,00) [4,74 – 9,96]	5,16 ± 7,29 (2,00) [2,48 – 7,83]
	PH2	814 ± 672,76 (529,00)* [568,20 – 1061,70]	21,48 ± 22,57 (13,00) [13,20 – 29,76]	8,54 ± 8,18 (7,00) [5,54 – 11,54]	5,35 ± 5,09 (3,00) [3,48 – 7,22]
HF (ms ²)	PC	612,58 ± 620,93 (423,00)* [384,85 – 840,31]	2,29 ± 2,67 (1,00) [1,31 – 3,27]	1,12 ± 1,20 (1,00) [0,68 – 1,57]	0,90 ± 1,16 (1,00) [0,47 – 1,33]
	PH1	557,45 ± 577,29 (335,00)* [345,72 – 769,18]	3,35 ± 5,08 (2,00) [1,49 – 5,21]	1,58 ± 1,38 (1,00) [1,07 – 2,08]	1,06 ± 1,69 (1,00) [0,44 – 1,68]
	PH2	675,38 ± 635,53 (442,00)* [435,70 – 915,07]	4,09 ± 4,59 (2,00) [2,08 – 6,11]	1,51 ± 1,36 (1,00) [1,01 – 2,01]	0,93 ± 0,89 (1,00) [0,60 – 1,26]
LF (nu)	PC	55,52 ± 17,93 (55,40)* [48,95 – 62,10]	82,18 ± 8,48 (84,60) [79,07 – 85,29]	79,43 ± 10,15 (81,70) [75,71 – 83,16]	75,93 ± 14,26 (79,30) [70,70 – 81,17]
	PH1	59,14 ± 17,09 (59,30)* [52,87 – 65,41]	81,81 ± 12,22 (84,50) [77,33 – 86,30]	77,74 ± 10,94 (75,20) [73,72 – 81,75]	77,86 ± 14,48 (82,00) [72,55 – 83,18]
	PH2	57,32 ± 18,79 (58,80)* [50,42 – 64,21]	81,80 ± 11,72 (85,60) [77,50 – 86,11]	78,66 ± 15,50 (80,30) [72,98 – 84,35]	80,89 ± 11,94 (83,90) [76,51 – 85,27]
HF (nu)	PC	44,47 ± 17,93 (44,60)* [37,98 – 51,04]	17,82 ± 8,51 (15,40) [14,70 – 20,95]	20,56 ± 10,15 (18,30) [16,83 – 24,28]	24,06 ± 14,26 (20,70) [18,82 – 29,29]
	PH1	40,85 ± 17,09 (40,70)* [34,58 – 47,12]	18,18 ± 12,22 (15,50) [13,69 – 22,66]	22,25 ± 10,94 (24,80) [18,24 – 26,27]	22,13 ± 14,48 (18,00) [16,81 – 27,44]
	PH2	42,67 ± 18,79 (41,20)* [35,78 – 49,57]	18,19 ± 11,72 (14,40) [13,89 – 22,49]	21,33 ± 15,50 (19,70) [15,64 – 27,02]	19,10 ± 11,94 (16,10) [14,72 – 23,48]
LF/HF	PC	1,74 ± 1,44 (1,24)* [1,21 – 6,67]	6,04 ± 3,69 (5,47) [4,68 – 7,39]	5,10 ± 2,98 (4,47) [4,00 – 6,19]	4,64 ± 3,15 (3,85) [3,48 – 5,79]
	PH1	2,11 ± 2,00 (1,45)* [1,38 – 2,85]	7,04 ± 4,96 (5,44) [5,21 – 8,86]	5,27 ± 4,35 (3,03) [3,68 – 6,87]	5,23 ± 3,51 (4,55) [3,94 – 6,51]
	PH2	1,94 ± 1,53 (1,42)* [1,37 – 2,50]	7,28 ± 5,87 (5,95) [5,13 – 9,43]	6,00 ± 5,15 (4,08) [4,11 – 7,89]	6,95 ± 5,57 (5,21) [4,91 – 9,00]

Legenda: LF = baixa frequência; HF = alta frequência; M = momento; ms = milissegundos; nu = unidades normalizadas; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

*M1 diferente estatisticamente de M2, M3 e M4 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

Tabela 5. Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% dos índices obtidos do *plot* de Poincaré (SD1, SD2 e relação SD1/SD2) dos protocolos PC, PH1 e PH2 em repouso e exercício.

Índice	Protocolo	Momentos			
		M1	M2	M3	M4
SD1 (ms)	PC	25,34 ± 13,44 (25,10)* [20,41 – 30,27]	2,61 ± 0,64 (2,50) [2,37 – 2,85]	2,38 ± 0,61 (2,30) [2,15 – 2,61]	2,33 ± 0,54 (2,20) [2,13 – 2,53]
	PH1	25,04 ± 13,91 (21,50)* [19,93 – 30,14]	2,87 ± 0,87 (2,60) [2,55 – 3,19]	2,50 ± 0,58 (2,30) [2,28 – 2,71]	2,51 ± 0,69 (2,30) [2,26 – 2,77]
	PH2	28,97 ± 13,88 (26,20)* [23,88 – 34,06]	3,05 ± 1,15 (2,70) [2,63 – 3,48]	2,52 ± 0,60 (2,40) [2,30 – 2,74]	2,39 ± 0,67 (2,30) [2,14 – 1,64]
SD2 (ms)	PC	57,49 ± 20,45 (55,00)* [49,99 – 64,99]	11,98 ± 5,62 (10,50) [9,91 – 14,04]	8,85 ± 3,04 (8,80) [7,73 – 9,97]	8,02 ± 2,78 (7,60) [7,00 – 9,04]
	PH1	58,38 ± 24,71 (53,30)* [49,32 – 67,45]	12,27 ± 4,87 (12,40) [10,48 – 14,05]	10,23 ± 4,24 (9,30) [8,67 – 11,79]	8,71 ± 4,24 (8,30) [7,15 – 10,27]
	PH2	62,26 ± 23,15 (54,50)† [53,77 – 70,75]	12,74 ± 4,89 (12,70) [10,95 – 14,54]	10,64 ± 4,82 (10,10) [8,87 – 12,41]	9,39 ± 3,11 (9,20) [8,25 – 10,53]
SD1/SD2	PC	0,45 ± 0,22 (0,42)‡ [0,37 – 0,54]	0,25 ± 0,11 (0,23) [0,21 – 0,29]	0,30 ± 0,12 (0,26) [0,25 – 0,35]	0,32 ± 0,14 (0,28) [0,27 – 0,37]
	PH1	0,43 ± 0,15 (0,42)‡ [0,37 – 0,49]	0,25 ± 0,09 (0,22) [0,22 – 0,29]	0,26 ± 0,08 (0,25) [0,23 – 0,30]	0,34 ± 0,16 (0,31) [0,28 – 0,40]
	PH2	0,47 ± 0,17 (0,44)* [0,40 – 0,53]	0,26 ± 0,11 (0,22) [0,22 – 0,31]	0,28 ± 0,14 (0,24) [0,22 – 0,33]	0,28 ± 0,13 (0,26) [0,23 – 0,33]

Legenda: SD1 = desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SD2 = desvio-padrão a longo prazo dos intervalos R-R contínuos; M = momento; ms = milissegundos; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

*M1 diferente estatisticamente de M2, M3 e M4 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

†M1 diferente estatisticamente de M2, M3 e M4 (ANOVA para medidas repetidas seguida de pós teste de Tukey).

‡M1 diferente estatisticamente de M2 e M3 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

Tabela 6. Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% dos índices de VFC no domínio do tempo dos protocolos PC, PH1 e PH2 nas condições de repouso e recuperação.

Índice	Protocolo	Momentos					
		M1	M5	M6	M7	M8	M9
SDNN (ms)	PC	44,96 ± 15,84 (42,70)* [39,15 – 50,77]	30,63 ± 12,74 (29,20) [25,96 – 35,31]	29,82 ± 12,81 (26,10) [25,12 – 34,52]	33,68 ± 14,54 (31,60) [28,34 – 39,02]	38,52 ± 16,43 (36,00) [32,49 – 44,54]	39,63 ± 19,63 (35,70) [32,43 – 46,83]
	PH1	45,27 ± 19,30 (40,50)‡ [38,19 – 52,35]	29,78 ± 13,83 (26,90) [24,70 – 34,85]	39,10 ± 19,75 (34,60) [31,85 – 46,34]	40,66 ± 22,41 (35,90) [32,44 – 48,88]	45,15 ± 20,10 (40,70) [37,78 – 52,52]	49,95 ± 17,79 (50,70) [43,42 – 56,47]
	PH2	49,03 ± 17,96 (46,50)* [42,44 – 55,62]	31,96 ± 10,83 (28,30) [27,98 – 35,93]	38,16 ± 15,95 (33,80) [32,30 – 44,01]	39,37 ± 15,25 (36,70) [33,77 – 44,97]	43,60 ± 17,43 (43,30) [37,21 – 49,99]	50,49 ± 22,46 (47,70) [42,25 – 58,73]
rMSSD (ms)	PC	35,80 ± 18,97 (35,50)¥ [28,84 – 42,76]	10,60 ± 7,87 (8,50) [7,72 – 13,49]	17,12 ± 12,49 (11,10) [12,54 – 21,71]	20,67 ± 14,43 (16,90) [15,38 – 25,96]	20,65 ± 13,61 (19,70) [15,66 – 25,65]	21,63 ± 15,54 (17,20) [15,92 – 27,33]
	PH1	35,36 ± 19,64 (30,30)* [28,15 – 42,56]	12,84 ± 9,26 (9,60) [9,45 – 16,24]	22,83 ± 13,56 (20,30) [17,86 – 27,81]	28,56 ± 17,32 (26,40) [22,21 – 34,92]	32,56 ± 20,33 (28,70) [25,10 – 40,01]	36,43 ± 22,73 (32,30) [28,09 – 44,76]
	PH2	40,91 ± 19,60 (37,00)# [33,72 – 48,11]	14,21 ± 8,80 (11,80) [10,99 – 17,44]	22,00 ± 12,42 (18,90) [17,45 – 26,56]	28,01 ± 14,65 (27,50) [22,64 – 33,39]	29,19 ± 16,00 (24,20) [23,32 – 35,06]	34,05 ± 20,34 (28,90) [26,59 – 41,51]

Legenda: SDNN = desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais; rMSSD = raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR normais sucessivos; M = momento; ms = milissegundos; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

*M1 diferente estatisticamente de M5, M6 e M7 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

‡M1 diferente estatisticamente de M5 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

¥M1 diferente estatisticamente de M5, M6, M7, M8 e M9 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

#M1 diferente estatisticamente de M5 e M6 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

Tabela 7. Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% dos índices de VFC no domínio da frequência dos protocolos PC, PH1 e PH2 nas condições de repouso e recuperação.

Índice	Protocolo	Momentos					
		M1	M5	M6	M7	M8	M9
LF (ms ²)	PC	627,23 ± 488,69 (448,00)# [448,00 – 806,46]	183,23 ± 193,99 (127,00) [112,08 – 254,38]	317,32 ± 361,88 (234,00) [184,60 – 450,05]	427,45 ± 370,74 (358,00) [291,48 – 563,42]	575,74 ± 674,28 (396,00) [328,44 – 823,04]	608,45 ± 585,18 (321,00) [393,83 – 823,07]
	PH1	724,03 ± 683,03 (455,00)# [473,53 – 974,54]	177,13 ± 156,76 (126,00) [119,64 – 234,62]	373,94 ± 313,58 (280,00) [258,93 – 488,95]	628,13 ± 643,91 (405,00) [391,97 – 864,29]	821,61 ± 952,25 (523,00) [472,37 – 1170,90]	797,74 ± 692,96 (607,00) [543,60 – 1051,90]
	PH2	814,94 ± 672,76 (529,00)# [568,20 – 1061,70]	195,35 ± 119,12 (175,00) [151,66 – 239,05]	364,87 ± 320,18 (262,00) [247,44 – 482,30]	514,65 ± 466,55 (476,00) [343,53 – 685,76]	704,39 ± 690,62 (417,00) [451,10 – 957,68]	882,35 ± 1173,69 (396,00) [451,90 – 1312,80]
HF (ms ²)	PC	612,58 ± 620,93 (423,00)† [384,85 – 840,31]	68,26 ± 94,10 (31,00) [33,74 – 102,77]	198,13 ± 247,97 (59,00) [107,18 – 289,08]	258,32 ± 293,39 (102,00) [150,72 – 365,93]	189,81 ± 205,91 (121,00) [114,29 – 265,33]	285,52 ± 392,26 (100,00) [141,65 – 429,38]
	PH1	557,45 ± 577,30 (335,00)# [345,72 – 769,18]	111,13 ± 168,61 (34,00) [49,28 – 172,97]	258,94 ± 252,82 (130,00) [166,21 – 351,66]	455,71 ± 444,92 (275,00) [292,53 – 618,89]	564,10 ± 560,29 (357,00) [358,61 – 769,59]	699,29 ± 699,65 (419,00) [442,69 – 955,89]
	PH2	675,39 ± 653,53 (442,00)‡ [435,70 – 915,07]	122,55 ± 149,95 (78,00) [67,55 – 177,54]	275,97 ± 303,31 (153,00) [164,73 – 387,21]	387,15 ± 364,25 (328,00) [253,83 – 521,01]	410,74 ± 407,50 (225,00) [261,29 – 560,20]	555,87 ± 648,99 (345,00) [317,85 – 793,89]
LF (nu)	PC	55,52 ± 17,93 (55,40)¥ [48,95 – 62,10]	77,11 ± 11,76 (78,90) [72,80 – 81,43]	70,57 ± 17,32 (71,80) [64,21 – 76,93]	69,53 ± 16,92 (70,60) [63,32 – 75,74]	74,93 ± 13,86 (79,20)■ [69,85 – 80,02]	74,55 ± 13,25 (74,40)■ [69,69 – 79,42]
	PH1	59,14 ± 17,09 (59,30) [52,87 – 65,41]	69,26 ± 17,15 (71,30) [62,97 – 75,56]	63,56 ± 18,53 (66,70) [56,77 – 70,36]	61,82 ± 20,86 (60,90) [54,17 – 69,47]	64,15 ± 18,46 (63,80) [57,37 – 70,92]	61,19 ± 19,25 (59,20) [54,13 – 68,26]

	PH2	57,32 ± 18,79 Δ (58,80) [50,42 – 64,21]	68,88 ± 17,33 (70,70) [62,52 – 75,24]	62,48 ± 20,44 (67,10) [54,98 – 69,98]	60,87 ± 18,74 (58,70) [54,00 – 67,74]	64,09 ± 15,14 (63,10) [58,54 – 69,65]	61,07 ± 17,63 (63,30) [54,60 – 67,54]
HF (nu)	PC	44,47 ± 17,93 (44,60) \yen [37,89 – 51,04]	22,76 ± 11,84 (21,10) [18,42 – 27,11]	29,42 ± 17,32 (28,20) [23,07 – 35,78]	30,48 ± 16,90 (29,40) [24,28 – 36,68]	25,06 ± 13,86 (20,80) \blacksquare [19,97 – 30,15]	25,44 ± 13,25 (25,60) \blacksquare [20,58 – 30,30]
	PH1	40,85 ± 17,09 (40,70) [34,58 – 47,12]	30,73 ± 17,15 (28,70) [24,43 – 37,02]	36,43 ± 18,53 (33,30) [29,63 – 43,22]	38,17 ± 20,86 (39,10) [30,52 – 45,82]	35,84 ± 18,46 (36,20) [29,07 – 42,62]	38,80 ± 19,27 (40,80) [31,74 – 45,87]
	PH2	42,67 ± 18,79 Δ (41,20) [35,78 – 49,57]	31,11 ± 17,33 (29,30) [24,75 – 37,47]	37,51 ± 20,44 (32,90) [30,01 – 45,01]	39,12 ± 18,74 (41,30) [32,25 – 45,99]	35,90 ± 15,14 (36,90) [30,34 – 41,45]	38,92 ± 17,63 (36,70) [32,46 – 45,39]
LF/HF	PC	1,74 ± 1,44 (1,24) \yen [1,21 – 2,27]	5,47 ± 5,11 (3,74) [3,60 – 7,35]	4,16 ± 3,96 (2,55) [2,71 – 5,61]	4,58 ± 5,65 (2,39) [2,51 – 6,65]	4,51 ± 3,59 (3,81) [3,20 – 5,84]	4,13 ± 3,04 (2,90) [3,01 – 5,25]
	PH1	2,11 ± 2,00 (1,45) [1,38 – 2,85]	4,67 ± 7,98 (2,48) [1,74 – 7,60]	3,02 ± 3,43 (2,00) [1,76 – 4,28]	3,12 ± 3,67 (1,55) [1,77 – 4,46]	3,26 ± 4,61 (1,76) [1,57 – 4,96]	2,77 ± 2,92 (1,45) [1,70 – 3,84]
	PH2	1,94 ± 1,53 (1,42) \ddagger [1,37 – 2,50]	3,60 ± 3,11 (2,41) [2,46 – 4,74]	3,11 ± 3,65 (2,04) [1,77 – 4,45]	2,39 ± 2,05 (1,42) [1,64 – 3,15]	2,53 ± 2,03 (1,70) [1,79 – 3,28]	2,38 ± 2,25 (1,72) [1,55 – 3,21]

Legenda: LF = baixa frequência; HF = alta frequência; M = momento; ms = milissegundos; nu = unidades normalizadas; PC = protocolo controle;

PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

#M1 diferente estatisticamente de M5 e M6 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

†M1 diferente estatisticamente de M5, M6, M7 e M8 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

‡M1 diferente estatisticamente de M5 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

¥M1 diferente estatisticamente de M5, M6, M7, M8 e M9 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).

Δ M1 diferente estatisticamente de M5 (ANOVA para medidas repetidas seguido de pós teste de Tukey).

■PC diferente estatisticamente do PH1 e PH2 (Teste Kruskal-Wallis com pós teste de Dunn).

Tabela 8. Valores médios seguidos dos respectivos desvios-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% dos índices obtidos do <i>plot</i> de Poincaré (SD1, SD2 e relação SD1/SD2) dos protocolos PC, PH1 e PH2 nas condições de repouso e recuperação.							
Índice	Protocolo	Momentos					
		M1	M5	M6	M7	M8	M9
SD1 (ms)	PC	25,34 ± 13,44 (25,10)¥ [20,41 – 30,27]	7,50 ± 5,57 (6,00) [5,46 – 9,55]	12,12 ± 8,84 (7,80) [8,87 – 15,36]	14,64 ± 10,22 (12,00) [10,89 – 18,39]	14,63 ± 9,64 (14,00) [11,09 – 18,17]	15,31 ± 11,00 (12,20) [11,27 – 19,35]
	PH1	25,04 ± 13,91 (21,50)* [19,93 – 30,14]	9,09 ± 6,56 (6,80) [6,68 – 11,50]	16,18 ± 9,61 (14,40) [12,65 – 19,71]	20,24 ± 12,27 (18,70) [15,74 – 24,74]	23,06 ± 14,39 (20,30) [17,78 – 28,34]	25,82 ± 16,09 (22,90) [19,92 – 31,72]
	PH2	28,97 ± 13,88 (26,20)# [23,88 – 34,06]	10,06 ± 6,23 (8,40) [7,77 – 12,35]	15,67 ± 8,72 (13,40) [12,47 – 18,87]	19,83 ± 10,38 (19,50) [16,03 – 23,64]	20,68 ± 11,34 (17,10) [16,52 – 24,84]	24,12 ± 14,40 (20,40) [18,84 – 29,41]
SD2 (ms)	PC	57,49 ± 20,45 (55,00)* [49,99 – 64,99]	42,40 ± 17,78 (38,70) [35,88 – 48,93]	40,09 ± 16,60 (34,60) [34,00 – 46,17]	44,89 ± 18,93 (42,70) [37,95 – 51,83]	51,95 ± 22,40 (48,30) [43,73 – 60,16]	53,48 ± 26,31 (48,30) [43,83 – 63,13]
	PH1	58,38 ± 24,71 (53,30)‡ [49,32 – 67,45]	40,70 ± 19,26 (37,20) [33,63 – 47,77]	52,28 ± 27,46 (45,30) [42,20 – 62,35]	52,99 ± 30,71 (48,70) [41,73 – 64,26]	58,76 ± 26,33 (54,20) [49,10 – 68,42]	64,85 ± 22,11 (66,30) [56,74 – 72,96]
	PH2	62,26 ± 23,15 (54,50)‡ [53,77 – 70,75]	43,57 ± 15,32 (39,40) [37,95 – 49,19]	51,15 ± 21,98 (45,60) [43,08 – 59,21]	51,56 ± 20,08 (48,20) [44,19 – 58,92]	57,64 ± 23,06 (55,80) [49,18 – 66,10]	66,46 ± 30,03 (61,50) [55,45 – 77,48]
SD1/SD2	PC	0,45 ± 0,22 (0,42)¥ [0,37 – 0,54]	0,18 ± 0,10 (0,17) [0,14 – 0,22]	0,27 ± 0,12 (0,24) [0,23 – 0,32]	0,30 ± 0,14 (0,28) [0,25 – 0,35]	0,28 ± 0,15 (0,25) [0,22 – 0,33]	0,27 ± 0,13 (0,22) [0,22 – 0,31]
	PH1	0,43 ± 0,15 (0,42)# [0,37 – 0,49]	0,23 ± 0,13 (0,20) [0,17 – 0,28]	0,32 ± 0,17 (0,29) [0,25 – 0,38]	0,39 ± 0,19 (0,33) [0,32 – 0,47]	0,39 ± 0,21 (0,32) [0,31 – 0,47]	0,37 ± 0,18 (0,35) [0,30 – 0,44]
	PH2	0,47 ± 0,17 (0,44)□ [0,40 – 0,53]	0,24 ± 0,15 (0,24) [0,18 – 0,29]	0,31 ± 0,16 (0,28) [0,25 – 0,37]	0,38 ± 0,15 (0,38) [0,32 – 0,43]	0,36 ± 0,13 (0,32) [0,31 – 0,41]	0,37 ± 0,17 (0,34) [0,30 – 0,43]

Legenda: SD1 = desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SD2 = desvio-padrão a longo prazo dos intervalos R-R contínuos; M = momento; ms = milissegundos; PC = protocolo controle; PH1 = protocolo hidratação com água; PH2 = protocolo hidratação com isotônico.

¥M1 diferente estatisticamente de M5, M6, M7, M8 e M9 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn); *M1 diferente estatisticamente de M5, M6 e M7 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn); #M1 diferente estatisticamente de M5 e M6 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn); ‡M1 diferente estatisticamente de M5 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn); □M1 diferente estatisticamente de M5, M6 e M8 (Teste de Friedman com pós teste de Dunn).