

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 12/07/2025.



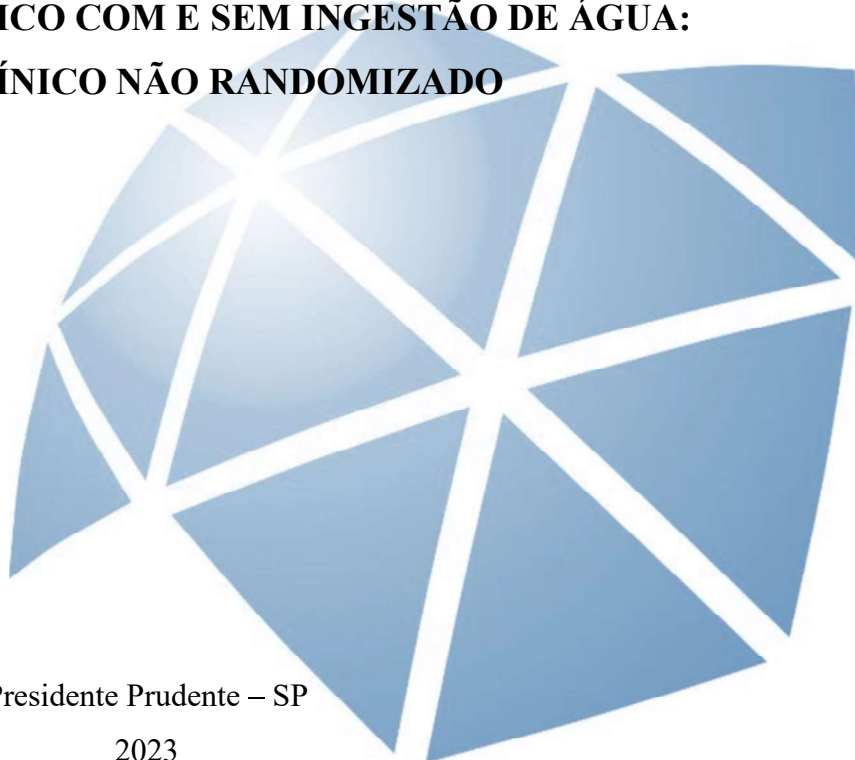
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO**

NATACHA DE LIMA GERVAZONI

**ANÁLISE INTEGRADA DE PARÂMETROS AUTONÔMICOS,
CARDIOVASCULARES E RESPIRATÓRIOS NA RECUPERAÇÃO
APÓS EXERCÍCIO FÍSICO COM E SEM INGESTÃO DE ÁGUA:
ENSAIO CLÍNICO NÃO RANDOMIZADO**

Presidente Prudente – SP

2023





NATACHA DE LIMA GERVAZONI

**ANÁLISE INTEGRADA DE PARÂMETROS AUTONÔMICOS,
CARDIOVASCULARES E RESPIRATÓRIOS NA RECUPERAÇÃO
APÓS EXERCÍCIO FÍSICO COM E SEM INGESTÃO DE ÁGUA:
ENSAIO CLÍNICO NÃO RANDOMIZADO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento – Interunidades, Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”, como parte do processo para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Marques Vanderlei

G386a Gervazoni, Natacha de Lima
Análise integrada de parâmetros autonômicos, cardiovasculares e respiratórios na recuperação após exercício físico com e sem ingestão de água: ensaio clínico não randomizado / Natacha de Lima Gervazoni. -- Presidente Prudente, 2023
95 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Luiz Carlos Marques Vanderlei

1. Hidratação. 2. Recuperação. 3. Ingestão de líquidos. 4. Exercício físico. 5. Aptidão cardiorrespiratória. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Os achados dessa pesquisa contribuíram para o entendimento do funcionamento fisiológico do corpo humano na condição de recuperação quando variáveis dos sistemas cardiovascular, respiratório e autonômico são avaliadas simultaneamente. Nosso estudo acrescenta informações importantes relacionadas à integração de respostas sistêmicas que irão contribuir para um novo entendimento sobre o comportamento de desfechos já consolidados na literatura, e para uma nova forma de olhar para as respostas sistêmicas do corpo frente às situações não só como a recuperação pós-exercício, mas também patologias e outras condições. Também esperamos que a hidratação utilizando a ingestão de água seja difundida como uma estratégia que pode acelerar o processo de recuperação.

POTENCIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The findings of this research have contributed to the understanding of the physiological functioning of the human body during the recovery phase when variables of the cardiovascular, respiratory, and autonomic systems are evaluated simultaneously. Our study adds important information regarding the integration of systemic responses, which will contribute to a new understanding of the behavior of established outcomes in the literature and provide a new perspective on the systemic responses of the body in various situations, not only in post-exercise recovery but also in pathological conditions and other circumstances. We also hope that hydration using water intake as a strategy to accelerate the recovery process will be widely disseminated.

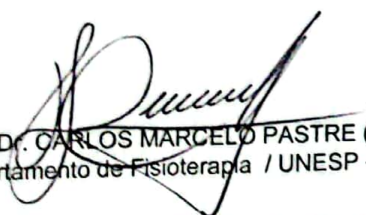
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE INTEGRADA DE PARÂMETROS AUTONÔMICOS, CARDIOVASCULARES E RESPIRATÓRIOS NA RECUPERAÇÃO APÓS EXERCÍCIO FÍSICO COM E SEM INGESTÃO DE ÁGUA: ENSAIO CLÍNICO NÃO RANDOMIZADO

AUTORA: NATACHA DE LIMA GERVAZONI

ORIENTADOR: LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências do Movimento, área: Intervenção pelo Movimento na Saúde e no Desempenho pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS MARCELO PASTRE (Participação Presencial)
Departamento de Fisioterapia / UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP

Profa. Dra. JÉSSICA KIRSCH MICHELETTI (Participação Virtual)
Departamento de Fisioterapia / Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA)


Prof. Dr. EVERTON ALEX CARVALHO ZANUTO (Participação Presencial)
Unoeste / Universidade do Oeste Paulista

Presidente Prudente, 12 de julho de 2023

Este trabalho é dedicado a Deus e a Virgem Maria que estiveram sempre a frente do meu passado, presente e futuro. Dedico este trabalho também a minha família e amigos que foram sustento nos dias mais felizes e mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Tanto a agradecer que palavras jamais serão suficientes, talvez nem ações ou gestos, mas a gratidão ficará para sempre no meu coração! Primeiro, a quem devo **tudo e todas as coisas**, Senhor do tempo, do universo, do amor. Obrigada meu Deus que em tanta misericórdia realiza tantos sonhos muito maiores do que eu e sei que muitos ainda virão! Embora pequena, sou grande porque tenho a Ti todos os dias da minha vida, no meu quarto, carro, enquanto eu ando e conversamos, nas minhas reclamações, tristezas, medos e nas maiores felicidades, conquistas e amor. Todos os dias e momentos vejo Teus milagres e o quanto está por perto, obrigada meu Deus por me permitir e obrigada minha mãezinha Maria por ser colo, por me ouvir sempre que te peço todos os dias para estar “à frente, do meu lado, em cima e embaixo de mim, a frente de quem cruza meu caminho e precisa mais do que eu”.

Aos meus pais. Mãe, obrigada por ser minha primeira casa, por me amar e por me ensinar tanto, te devo minha vida e tantas outras qualidades e características que vieram de quem você é e me ensinou a ser. Obrigada por ter coragem de ser “pãe”, te amo e admiro demais. Te digo e está registrado nesse documento, se em algum momento você se perguntou se valeu a pena todo sacrifício, hoje eu te confirmo que valeu e sempre vai valer, sua filha está se tornando mestre! Pai, talvez você não entenda quando eu ler para você o que estou dizendo hoje, não entenda a dimensão do caminho que estou trilhando, não entenda mais muito do que vou dizer mas direi mesmo assim. Quero que saiba que te amo, que tudo valeu a pena, que te devo muito e serei eternamente grata à você, hoje você não pode compartilhar esse momento comigo mas sei que sempre torceu e se orgulhou! Minha irmã, que mesmo mais nova sempre buscou me compreender e incentivar (principalmente entendendo quando eu estava corrida e ela precisava assumir todas as tarefas), te amo e sou grata!

Aos meus avós: Alice, Francisco, Marinita e Américo (do céu), sigo dizendo que devo minha vida a vocês e é verdade! Sem vocês eu não estaria aqui, obrigada por cuidarem de mim, por me amarem e por me fazer gostar tanto de ir para casa de vocês, são tantas lembranças que meu coração se enche de gratidão (e um pouco de saudade da infância)!

À toda minha família! Meu padrasto que sempre foi tão solícito e generoso! Aos meus tios e primos, todos! Que sempre me apoiaram muitas vezes sem entender o que eu estava fazendo mas confiando em mim, vocês são suporte e lugar para onde eu sei que

posso pedir socorro. E a todos da grande família que fazem parte da minha história, cada ponto da minha história me trouxe aqui, sou grata a todos vocês!

Aos meus amigos! Sei que vai dar briga entre vocês então não vou citar nome de ninguém! Se você está lendo isso, você tá incluso, aos da igreja, escola, faculdade, infância... Vocês são minha segunda família, jamais me desanimaram ou deixaram de acreditar em mim! Tenho tanto orgulho de todos vocês e me sinto a pessoa mais sortuda do mundo por me rodear de pessoas tão especiais, que eu amo e admiro tanto! Af, sou muito fã de todos vocês!

Aos meus amigos do Lab! Obrigada ao time da pós TODO que me salva quase diariamente e eu amo dividir a rotina com vocês, conversando sobre nossos trabalhos ou sobre qualquer assunto aleatório! Que time, vocês são diferenciados! Vou agradecer aqueles que eu tive mais convívio e os laços se estreitaram! Alice, Fê, Maju, João, Helô, Denise, obrigada por tanto!

Ao meu namorado João por não só dividir a dificuldade de adentrar esse mundo acadêmico, mas também por dividir comigo todo o resto, tudo. Obrigada por cuidar tanto de mim muitas vezes enquanto eu não conseguia cuidar, te amo! Também quero agradecer aos Turino por me acolherem como filha, irmã, família e serem tão generosos comigo!

Enfim, a todos os que cruzaram meu caminho não só nesses dois anos de mestrado, mas durante a minha jornada até hoje!

Agora, vamos aos agradecimentos acadêmicos!! Primeiro, preciso abrir um parênteses e agradecer uma classe de pessoas que talvez nunca nem leia isso mas é especial para mim. Aos meus professores! Todos! Desde o maternal até hoje, tenho um carinho especial por todos vocês, algumas das minhas primeiras memórias da infância estão relacionadas a estudar, sempre gostei e devo a vocês! Guardo elogios, incentivos e momentos com meus professores da vida toda no coração! Vocês não têm ideia do impacto de vocês na vida de alguém, quando eu crescer quero ser igual vocês!

Prof. Rose, obrigada por me acolher logo no começo da graduação e me fazer crescer tanto com o projeto da dança! Quanto carinho! Depois, desenvolvemos meu TG e hoje trocamos altos papos e até aulas de pilates! Obrigada por ser minha mãe da UNESP, um dia chego lá com toda sua classe e elegância!

Agradeço também a minha banca da qualificação e da defesa por aceitarem o convite e estarem dispostos a contribuir com esse trabalho, admiro os fisioterapeutas e professores que vocês são, é uma honra ter cada um de vocês aqui!

Às minhas orientandas Alessandra, Vanessa e Isabela por confiarem no meu trabalho e orientação! Agradeço a paciência e podem ter certeza que eu aprendo muito mais do que ensino a vocês, obrigada!

Agradeço a cada um dos voluntários dessa pesquisa, sem vocês isso não seria possível e isso é feito para vocês! Que a ciência retorne à sociedade com toda contribuição que tem a dar!

E por fim, para encerrarmos com chave de ouro, quero agradecer ao prof. Luiz Carlos, mais conhecido como chefe/paizão. Prof, quando conversamos lá na sala da cardio quase no último dia do meu 3º ano, eu tive certeza de que tudo daria certo, tive certeza que iria longe com o senhor e que agarrar isso seria a oportunidade da minha vida, e que bom que eu estava certa! O senhor é o melhor orientador que qualquer pessoa poderia ter! Obrigada por confiar no meu potencial (espero que tenha valido a pena) pois eu cresci muito e sei que vou crescer muito mais, a confiança que o senhor deposita em nós todos é o combustível para seguir buscando, conquistando e vencendo. Quanta honra estar junto com o senhor prof, exemplo de honestidade, competência, empatia; o senhor sempre faz a gente se sentir único e um dia espero que meus alunos me vejam como te vejo! Obrigada!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês”, diz o Senhor, ‘planos de fazê-los prosperar e não de causar dano, planos de dar a vocês esperança e um futuro. Então vocês clamarão a mim, virão orar a mim, e eu os ouvi-rei. Vocês me procurarão e me acharão quando me procurarem de todo o coração”.

Jeremias 29: 11-13

RESUMO

Introdução: acelerar a recuperação dos sistemas autonômico, cardiovascular e respiratório pós-exercício têm sido o objetivo de técnicas como a hidratação. O comportamento desses sistemas tem sido investigado considerando as variáveis de forma isolada, o que não leva em consideração a integração entre os sistemas durante a recuperação. Portanto, é necessário investigar se a integração dos sistemas é capaz de verificar a influência da hidratação e de diferentes níveis de capacidade cardiorrespiratória sobre a recuperação de homens jovens e fisicamente ativos, quando submetidos a um protocolo de exercício aeróbio prolongado de intensidade moderada.

Objetivos: avaliar a recuperação pós-exercício em homens jovens e saudáveis submetidos a um protocolo de exercício físico prolongado e de intensidade moderada com e sem ingestão de água, e quando considerados diferentes níveis de capacidade cardiorrespiratória, a partir da análise integrada de desfechos autonômicos, cardiovasculares e respiratórios. **Métodos:** foram incluídos 39 homens jovens e fisicamente ativos. Todos os voluntários foram submetidos a três etapas: I) Teste de esforço máximo; II) Protocolo Controle (PC); III) Protocolo Hidratação (PH). A etapa I determinou a carga de trabalho para as etapas seguintes (60% da frequência cardíaca máxima ou VO₂ máximo) e foi utilizada para dividir os voluntários em dois grupos: G1 (menor VO₂) e G2 (maior VO₂). Nas etapas II e III foi realizado 90 minutos de exercício em esteira ergométrica e 60 minutos de recuperação passiva. No PH os voluntários foram hidratados com água mineral em 10 porções individualizadas a cada 15 minutos. Foram avaliados desfechos autonômicos (variabilidade da frequência cardíaca), cardiovasculares (pressão arterial sistólica, diastólica e frequência cardíaca) e respiratórios (saturação de oxigênio e frequência respiratória). A análise integrada foi feita por meio do cálculo da faixa de referência da amostra durante o repouso usando o cálculo do *escore Z* ou a média e desvio padrão. Os voluntários foram dicotomizados em não recuperado (valor = 0) e recuperado (valor = 1) a partir da comparação do valor de referência com os momentos de recuperação (REC1 a REC5) e a $\sum$ dos resultados dicotomizados foi dividida pelo número de variáveis utilizadas em cada sistema. A significância estatística foi fixada em 5%. **Resultados:** Por meio da análise integrada, foi encontrada diferença significativa entre protocolos ($p < 0,05$) para os momentos REC2, REC4 e REC5 no *escore* de recuperação autonômico. Para todos os momentos em ambos os protocolos foi observada diferença entre o *escore* de recuperação comparado ao

repouso ($p < 0,05$) para os *escores* total e autonômico. Os momentos REC2, REC4 e REC5 do PH não apresentaram diferença em comparação ao repouso para o *escore* de recuperação cardiovascular e para o *escore* de recuperação respiratório, os momentos REC1 e REC2 do PH apresentaram diferença significativa em relação ao repouso ($p < 0,05$). Já quando considerada a condição cardiorrespiratória ($n=35$), para o *escore* de recuperação cardiovascular, a ingestão de água proporcionou melhor recuperação e maior influência da hidratação foi observada para o G1. **Conclusão:** O modelo de análise integrada proposto foi capaz de demonstrar os efeitos da ingestão hídrica sobre a recuperação pós-exercício em homens jovens e fisicamente ativos quando submetidos a um exercício físico aeróbio prolongado de intensidade moderada. Ainda, a ingestão hídrica teve maior efeito em homens com menor capacidade cardiorrespiratória.

Palavras-chaves: Aptidão Cardiorrespiratória; Hidratação; Ingestão de líquidos; Recuperação.

ABSTRACT

Introduction: Accelerating the recovery of the autonomic, cardiovascular, and respiratory systems after exercise has been the aim of techniques such as hydration. The behavior of these systems has been investigated considering individual variables, which does not take into account the integration among the systems during recovery. Therefore, it is necessary to investigate whether the integration of the systems is capable of assessing the influence of hydration and different levels of cardiorespiratory capacity on the recovery of young and active men when subjected to a prolonged moderate-intensity aerobic exercise protocol. **Aim:** To evaluate post-exercise recovery in young and healthy men undergoing a prolonged moderate-intensity exercise protocol with and without water intake, considering different levels of cardiorespiratory capacity, through the integrated analysis of autonomic, cardiovascular, and respiratory outcomes. **Methods:** A total of 39 young and active men were included in the study. All volunteers underwent three stages: I) Maximal exercise test; II) Control Protocol (PC); III) Hydration Protocol (PH). Stage I determined the workload for the subsequent stages (60% of maximum heart rate or maximum oxygen consumption) and was used to divide the volunteers into two groups: G1 (lower VO₂) and G2 (higher VO₂). In stages II and III, the volunteers performed 90 minutes of exercise on a treadmill and 60 minutes of passive recovery. In the PH, the volunteers were hydrated with mineral water in 10 individual portions every 15 minutes. Autonomic outcomes (heart rate variability), cardiovascular outcomes (systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and heart rate), and respiratory outcomes (oxygen saturation and respiratory rate) were evaluated. The integrated analysis was performed by calculating the reference range of the sample during rest using the Z-score calculation or the mean and standard deviation. The volunteers were dichotomized as non-recovered (value = 0) and recovered (value = 1) based on the comparison of the reference value with the recovery moments (REC1 to REC5), and the sum of the dichotomized results was divided by the number of variables used in each system. Statistical significance was set at 5%. **Results:** Through the integrated analysis, a significant difference between protocols ($p < 0.05$) was found for REC2, REC4, and REC5 in the autonomic recovery score. For all moments in both protocols, a difference between the recovery score and rest ($p < 0.05$) was observed for the total and autonomic recovery scores. The REC2, REC4, and REC5 moments in the PH showed no difference compared to rest for the cardiovascular recovery score, and for the respiratory recovery score, the REC1 and

REC2 moments in the PH showed a significant difference compared to rest ($p < 0.05$). When considering the cardiorespiratory condition ($n = 35$), for the cardiovascular recovery score, water intake provided better recovery, and the hydration effect was greater in G1. **Conclusion:** The proposed integrated analysis model was able to demonstrate the effects of water intake on post-exercise recovery in young and active men undergoing prolonged moderate-intensity aerobic exercise. Furthermore, water intake had a greater effect in men with lower cardiorespiratory capacity.

Keywords: Cardiorespiratory Fitness; Hydration; Fluid Intake; Recovery.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Artigo 1 - Análise integrada de desfechos autonômicos, cardiovasculares e respiratórios na recuperação após exercício físico com e sem ingestão de água: ensaio clínico não randomizado.

Figura 1. Procedimento Experimental 41

Figura 2. Escores de recuperação durante o período de recuperação em comparação ao repouso 51

Artigo 2 - Influência da hidratação e da capacidade cardiorrespiratória sobre a análise integrada de desfechos autonômicos, cardiovasculares e respiratórios: ensaio clínico não randomizado.

Figura 1. Procedimento Experimental 69

LISTA DE TABELAS

Artigo 1 - Análise integrada de desfechos autonômicos, cardiovasculares e respiratórios na recuperação após exercício físico com e sem ingestão hídrica: ensaio clínico não randomizado.

Tabela 1. Caracterização da amostra 49

Tabela 2. Relação entre o percentual de indivíduos recuperados nos escores total, autonômico, cardiovascular e respiratório em cada momento e protocolo 49

Tabela 3. Relação entre o percentual de indivíduos recuperados nos escores total, autonômico, cardiovascular e respiratório em cada momento e protocolos 52

Artigo 2 - Influência da hidratação e da capacidade cardiorrespiratória sobre a análise integrada de desfechos autonômicos, cardiovasculares e respiratórios: ensaio clínico não randomizado.

Tabela 1. Caracterização da amostra 76

Tabela 2. Variáveis relacionadas ao estado de hidratação dos voluntários nos momentos inicial e final do PC 77

Tabela 3. Comparação entre os escores de recuperação total, autonômico, cardiovascular e respiratório entre grupos, protocolos e momentos 80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FC: Frequência cardíaca

fr: Frequência respiratória

SNA: Sistema nervoso autônomo

PA: Pressão arterial

SpO₂: Saturação parcial de oxigênio

VFC: Variabilidade da frequência cardíaca

PC: Protocolo controle

PH: Protocolo hidratação

REC: Momento de recuperação

IPAQ-SF: Questionário internacional de atividade física versão curta

FCT: Faculdade de ciências e tecnologia

UNESP: Universidade estadual paulista

ANOVA: Análise de variância

CEAFiR: Centro de estudos e atendimentos em fisioterapia e reabilitação

SDNN: Desvio padrão de todos os intervalos RR normais

RMSSD: Raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os intervalos RR dividido pelo número de intervalos RR menos um intervalo RR

PAS: Pressão arterial sistólica

PAD: Pressão arterial diastólica

LF: Componentes espectral de baixa frequência

HF: Componentes espectral de alta frequência

SD1: Desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento

SD2: Desvio-padrão a longo prazo dos intervalos RR contínuos

un: Unidades normalizadas

m: Metros

DP: Desvio padrão

Kg: Kilogramas

Bpm: Batimentos por minuto

Máx: Máximo

VO₂: Consumo de oxigênio

CONSORT: Consolidated standards of reporting trials

CAAE: Certificado de apresentação de apreciação ética

G1: Grupo com menor VO₂

G2: Grupo com maior VO₂

Min: Minutos

ml: Mililitros

IC: Intervalo de confiança

REP: Momento de repouso

IMC: Índice de massa corpórea

LISTA DE SÍMBOLOS

*: Multiplicação

<: Menor

=: Igual

%: Porcentagem

°C: Graus celsius

±: Mais ou menos

Σ: Somatória

®: Marca registrada

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	21
CONTEXTUALIZAÇÃO	22
<i>Exercício físico e suas repercussões hemodinâmicas e autonômicas no organismo</i>	22
<i>Período de Recuperação Pós-Exercício</i>	23
<i>Estratégias de Recuperação Pós-Exercício</i>	24
<i>Análise Integrada da Recuperação Pós-Exercício</i>	26
<i>Justificativa</i>	26
<i>Lacunas</i>	27
<i>Hipóteses</i>	28
OBJETIVOS	28
<i>Geral</i>	28
<i>Específicos</i>	28
CONTRIBUIÇÃO À LITERATURA E IMPLICAÇÃO CLÍNICA	29
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2	34
ARTIGO I	35
RESUMO	36
INTRODUÇÃO	37
MÉTODOS	38
<i>Casuística</i>	38
<i>Delineamento do estudo</i>	39
<i>Teste de esforço máximo</i>	40
<i>Procedimentos pré-intervenção</i>	41
<i>Protocolo Controle e Hidratação</i>	42
<i>Desfechos Cardiovasculares e Respiratórios</i>	43
<i>Desfechos Autonômicos</i>	43
<i>Análise Integrada da Recuperação Pós-Exercício</i>	44
<i>Análise estatística</i>	47
RESULTADOS	48
DISCUSSÃO	53
REFERÊNCIAS	58
CAPÍTULO 3	62

ARTIGO 2	63
RESUMO	64
INTRODUÇÃO	65
MÉTODOS	66
<i>População.....</i>	<i>66</i>
<i>Tamanho Amostral.....</i>	<i>67</i>
<i>Procedimento Experimental.....</i>	<i>67</i>
<i>Teste de esforço máximo</i>	<i>68</i>
<i>Procedimentos pré-intervenção.....</i>	<i>69</i>
<i>Protocolo Controle.....</i>	<i>70</i>
<i>Protocolo Hidratação</i>	<i>70</i>
<i>Análise Integrada da Recuperação Pós-Exercício.....</i>	<i>73</i>
RESULTADOS.....	76
DISCUSSÃO	81
CONCLUSÃO	84
REFERÊNCIAS	85
CAPÍTULO 4	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
ANEXOS	91
ANEXO I	91

CAPÍTULO 1

CONTEXTUALIZAÇÃO

Exercício físico e suas repercussões hemodinâmicas e autonômicas no organismo

O exercício físico representa uma situação de estresse ao organismo e durante a sua realização ocorre uma série de alterações em diversos órgãos e sistemas corporais, com destaque para os sistemas cardiovascular, respiratório e autonômico, os quais devem se adaptar à condição de exercício imposta para manutenção da homeostase corporal e fornecer uma resposta apropriada e proporcional ao estresse produzido pelo exercício (KELSO et al., 1984; RIVIERA-BROWN et al., 2012; LAVIE et al., 2015).

Durante a realização de um exercício aeróbico dinâmico de intensidade moderada, diversas alterações adaptativas são observadas nesses sistemas. No sistema cardiovascular, tanto a frequência cardíaca (FC) quanto o volume sistólico aumentam significativamente, o que resulta no aumento do débito cardíaco, além da redução da resistência vascular (HALLIWILL, 2001; HALLIWILL et al., 2013). Também são identificadas adaptações morfológicas como efeito ao longo prazo do exercício aeróbico dinâmico como, dentre outras, o aumento do diâmetro diastólico final e da espessura da parede do ventrículo esquerdo, adaptações essas que se relacionam diretamente com o aumento fisiológico de demanda provocado pelo exercício físico (LAVIE et al., 2015).

No sistema respiratório são observadas diversas alterações como a elevação da frequência respiratória (fr) e da ventilação alveolar de forma proporcional ao consumo máximo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono (WAGNER et al., 1996; McGUIRE et al., 2001; BASSETT et al., 2000; NICOLÒ et al., 2020).

Já o sistema nervoso autônomo (SNA), um dos principais responsáveis pelo controle dos mecanismos de regulação corporal, durante o exercício apresenta modificações caracterizadas pela estimulação da modulação simpática e redução da parassimpática, que serão fundamentais para promover as alterações adaptativas como,

por exemplo, o aumento da FC e do volume sistólico e a redistribuição do fluxo sanguíneo para a musculatura esquelética ativa (FISHER et al., 2014).

Além das alterações mencionadas, durante e após a realização de exercícios físicos ocorre um aumento da resposta transpiratória, objetivando a perda de calor por evaporação (MAUGHAN et al., 1991). Quando em excesso, a perda hídrica já foi associada à disfunção do sistema nervoso central (LANG, 2007) e a desfechos negativos na contratilidade do miocárdio e do músculo esquelético (SAWKA et al., 2007), além de provocar também um aumento do estresse cardiovascular, alteração da função metabólica (SHIRREFFS, 2005) e desregulação da FC e pressão arterial (PA). Estas alterações prejudicam o controle cardiovascular (RABBITS et al., 2009;) e influenciam negativamente o mecanismo barorreflexor (CHARKOUDIAN et al., 2003) e o SNA (CASTRO-SEPÚLLVEDA et al., 2014). A perda hídrica pode levar o indivíduo a desidratação, o que diminui o desempenho físico e mental e promove comprometimentos cardiovasculares como taquicardias e reduções no fluxo sanguíneo periférico e retorno venoso (MAUGHAN et al., 2010; COYLE et al., 1990; SAWKA, 1988).

Período de Recuperação Pós-Exercício

Após a interrupção do exercício, também são necessárias modificações sistêmicas que possibilitam o retorno do organismo à condição pré exercício (LUTTRELL et al., 2015). Esse período entre o final de uma sessão de exercícios e o retorno às condições basais é conceituado como recuperação (ROMERO et al., 2017).

A recuperação está relacionada com processos fisiológicos diferentes aos observados no repouso ou durante o exercício físico (LUTTRELL et al., 2015) e tem por objetivo normalizar os diversos sistemas do corpo humano. Devolvendo a homeostase a condição de repouso e eliminando metabólitos nocivos, esse processo é fundamental na

melhora do desempenho físico e na prevenção de lesões decorrentes do exercício (PLATONOV, 1992; TOMLIN et al., 2001; BISHOP et al., 2008; PASTRE et al., 2009; ROMERO et al., 2017).

É no período de recuperação que as adaptações benéficas resultantes de um programa de exercícios físicos ocorrem e apesar da sua importância, esse período pode também levar à instabilidade cardiovascular, tornando a recuperação um momento de risco para a ocorrência de eventos negativos como sinais e sintomas pré-síncope, arritmias, perda de consciência e até mesmo morte súbita (LUTTRELL et al., 2015; PASTRE et al., 2009; ROMERO et al., 2017)

Neste contexto, o período de recuperação pós-exercício pode ser considerado um período de vulnerabilidade onde eventos adversos podem acontecer, mas por outro lado um período importante onde as adaptações positivas ao exercício físico podem ocorrer e ser potencializadas (LUTTRELL et al., 2015; ROMERO et al., 2017).

Estratégias de Recuperação Pós-Exercício

Diante do exposto, acelerar a recuperação do organismo pós-exercício é importante e tem sido explorada na literatura. Estudos relacionados a esse período têm avaliado as respostas de variáveis autonômicas, obtidas por meio dos índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (MORENO et al., 2013; COYLE et al. 1990; MORENO et al., 2016) e cardiorrespiratórias, como FC, PA, saturação parcial de oxigênio (SpO₂) e fr (MORENO et al., 2013).

Diversas são as estratégias descritas com essa finalidade como a imersão em água fria (BASTOS et al., 2012) e a massagem (LEE et al., 2011; MOYER et al., 2004) que demonstraram efeitos positivos na recuperação da função autonômica cardíaca. Já a recuperação ativa se mostrou eficaz em prevenir a síncope pós-exercício ao aumentar o

retorno venoso (LUTTRELL et al., 2015; ROMERO et al., 2017) e as estratégias de hidratação com água durante e após o exercício físico, aceleraram a recuperação tanto do sistema cardiovascular quanto autonômico (MORENO et al., 2013; MORENO et al., 2016).

As estratégias de hidratação como a ingestão de água podem evitar os estados de desidratação e hiponatremia (SAWKA et al., 2007), além de possibilitarem a manutenção da termorregulação corporal e função cardiovascular (McDERMOTT et al., 2017). Isso possibilita ao indivíduo manter o bom funcionamento do seu organismo durante as demandas exigidas pelo exercício (MONTAIN et al., 2008), aumentando o desempenho e a tolerância ao exercício físico (SAWKA et al., 1990; CASA et al., 2000), e proporcionando um período de recuperação pós-exercício mais acelerado (VANDERLEI et al., 2015; BERGERON et al., 2009; MERSON et al., 2008; SHIRREFFS et al., 1996).

Especificamente em relação à utilização de protocolos de hidratação, Moreno *et al.* (2016) observaram em homens jovens fisicamente ativos que alguns índices de VFC, que representam a modulação autonômica cardíaca, se recuperaram mais rapidamente após exercício aeróbico moderado com ingestão de água, durante e após o exercício, em comparação com a realização do mesmo exercício sem ingestão de água. Quando analisado o comportamento de parâmetros cardiorrespiratórios como: FC, PA, fr e SpO₂, Moreno *et al.* (2013) também encontraram uma recuperação mais rápida em homens jovens e saudáveis.

Além dos resultados expostos, a hidratação através da ingestão de água tem alta aplicabilidade e conveniência, a água não exige adaptação ao paladar e quase não tem custo financeiro (HERNANDEZ et al., 2009) quando comparada ao uso de bebidas isotônicas por exemplo além de se apresentar como uma estratégia recuperativa eficaz.

Análise Integrada da Recuperação Pós-Exercício

Estudos que avaliaram a recuperação pós-exercício, independente da estratégia utilizada, o fizeram por meio de uma análise isolada de diferentes desfechos, como os autonômicos e cardiorrespiratórios, porém tendo em vista que o período de recuperação ocorre em conjunto com diversos sistemas (BASTOS et al., 2012) MICHELETTI *et al.* (2019) desenvolveram uma proposta de análise do período de recuperação pós-exercício que por meio da construção de um modelo matemático permite a junção de diferentes variáveis nos diversos sistemas envolvidos.

Esse modelo de análise, parece possibilitar uma avaliação mais abrangente da recuperação pós-exercício e, conseqüentemente, uma maior aplicabilidade em um cenário prático. De acordo com PASTRE (2013) a integração de diferentes variáveis possibilitará a análise do período de recuperação em diferentes órgãos e sistemas de forma integrada, validando sua aplicabilidade clínica e obtendo resultados condizentes com o comportamento do organismo.

Justificativa

Tomados em conjunto, os aspectos apresentados demonstram alguns pontos importantes: durante o período de recuperação ocorrem as adaptações positivas ao exercício, apesar disso estratégias que visam acelerar esse período têm sido investigadas a fim de minimizar os riscos e maximizar os ganhos promovidos pela prática de exercícios físicos, dentre elas a hidratação através da ingestão de água.

A ingestão de água apresentou diversos benefícios nos sistemas autonômico, cardiovascular e respiratório principalmente proporcionando uma recuperação mais acelerada em comparação com a mesma prática de exercício físico sem a ingestão de água.

Contudo, exceto pelo trabalho de MICHELETTI *et al.* (2019), os estudos realizam a análise dos desfechos avaliados dos diversos órgãos e sistemas envolvidos com o exercício de forma isolada, ou seja, como se fosse possível distinguir a recuperação de cada desfecho para cada órgão ou sistema do organismo, o que fisiologicamente não acontece.

Lacunas

Nesse contexto, entendemos que um enorme campo de estudo para exploração do processo recuperativo também de forma integrada está aberto e algumas lacunas podem ser exploradas, ou seja:

A hidratação por meio da ingestão de água durante e após o exercício físico prolongado e de intensidade moderada acelera o período de recuperação quando os desfechos dos sistemas autonômico, cardiovascular e respiratório são integrados? Se os resultados forem positivos, a partir desse modelo de estudo da recuperação, é possível estimar quantos indivíduos apresentaram melhor recuperação no protocolo hidratação quando comparados ao protocolo controle?

Ainda, quando agrupados os desfechos de acordo com seus respectivos sistemas (autonômico, cardiovascular e respiratório), é possível encontrar diferença entre os protocolos para o período de recuperação em cada sistema?

Além disso, através desse novo modelo de análise integrada, os resultados encontrados são diferentes quando os grupos são divididos de acordo com a capacidade cardiorrespiratória?

Hipóteses

Hipotetizamos que o modelo de análise proposto será capaz de avaliar a recuperação dos sistemas autonômico, cardiovascular e respiratório quando integrados e quando considerados de acordo com cada sistema, demonstrando os efeitos da hidratação sobre a recuperação pós-exercício. Também hipotetizamos que não serão encontrados resultados discrepantes entre os protocolos quando considerada a capacidade cardiorrespiratória dos voluntários.

OBJETIVOS

Geral

O objetivo dessa dissertação foi avaliar a recuperação pós-exercício em homens jovens e saudáveis submetidos a um protocolo de exercício físico prolongado e de intensidade moderada com ou sem ingestão de água, a partir da análise integrada de desfechos autonômicos (índices de VFC), cardiovasculares (PA sistólica, PA diastólica e FC) e respiratórios (SpO₂ e fr).

Específicos

I) Avaliar se o modelo proposto é capaz de estimar o número de indivíduos que apresentaram melhor recuperação no protocolo hidratação quando comparados ao protocolo controle.

II) Investigar se quando agrupados os desfechos de acordo com seus respectivos sistemas (autonômico, cardiovascular e respiratório), é possível encontrar diferença entre os protocolos para o período de recuperação.

III) Verificar se há influência de diferentes níveis de capacidade cardiorrespiratória sobre a análise integrada de desfechos autonômicos, cardiovasculares e respiratórios.

CONTRIBUIÇÃO À LITERATURA E IMPLICAÇÕES CLÍNICAS

Com base no que foi apresentado acima, investigar novos modelos de análise do período de recuperação pós-exercício que avaliem os sistemas de forma integrada é inovador e pouco explorado na literatura. As reflexões e questionamentos apontados são pertinentes e os resultados desse estudo podem acrescentar novos conhecimentos acerca do conceito e ciência da recuperação pós-exercício, além de estimular novas investigações acerca da temática.

Quando bem estabelecido, este novo modelo de análise pode auxiliar os profissionais que trabalham com exercício físico a determinar quando o indivíduo está recuperado como um todo e saber especificamente em quais sistemas corporais a recuperação já foi alcançada. Com o olhar direcionado para o futuro, softwares e aplicativos podem ser desenvolvidos para auxiliar esse processo, em que os desfechos do indivíduo podem ser colocados e analisados através do modelo matemático proposto.

Assim, com o intuito de acrescentar elementos à literatura relacionados ao tema exposto, reunir informações relevantes a prática clínica e atingir os objetivos propostos, foram elaborados dois manuscritos:

1) O primeiro manuscrito intitulado *“Análise integrada de desfechos autonômicos, cardiovasculares e respiratórios na recuperação após exercício físico com e sem ingestão de água: ensaio clínico não randomizado”* teve por objetivo *“avaliar a recuperação em homens jovens e fisicamente ativos submetidos a um protocolo de exercício físico aeróbio moderado e prolongado com ou sem ingestão de água, a partir da análise integrada de desfechos autonômicos (índices de VFC), cardiovasculares (PA sistólica, PA diastólica e FC) e respiratórios (SpO2 e fr).*

2) O segundo manuscrito intitulado *“Influência da hidratação e da capacidade cardiorrespiratória sobre a análise integrada de desfechos autonômicos,*

cardiovasculares e respiratórios: ensaio clínico não randomizado” teve por objetivo “verificar a influência de diferentes níveis de capacidade cardiorrespiratória associada ou não a ingestão hídrica sobre a análise integrada de desfechos autonômicos, cardiovasculares e respiratórios em homens jovens e fisicamente ativos submetidos a um protocolo de exercício aeróbio moderado de longa duração”.

REFERÊNCIAS

BASSETT, D. R Jr. *et al.* Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Med Sci Sports Exerc.** 2000 Jan;32(1):70–84. doi: 10.1097/00005768-200001000-00012.

BASTOS, F. N., *et al.* Effects of cold water immersion and active recovery on post-exercise heart rate variability. **Int J Sports Med.** v. 33, n. 11, p. 873-879, 2012.

BERGERON, M. F. *et al.* Repeated-bout exercise in the heat in young athletes: physiological strain and perceptual responses. **J Appl Physiol (1985).** v. 106, n. 2, p. 476-485, 2009.

BISHOP, P. A, *et al.* Recovery from training: a brief review. **J Strength Cond Res.** v. 22, n. 3, p. 1015-1024, 2008.

CASA, D. J. *et al.* National athletic trainers’ association position statement: Fluid replacement for athletes. **J. Athl. Train.** v. 35, p. 212-224, 2000.

CASTRO-SEPÚLLVEDA, M. *et al.* Hydration status after exercise affect resting metabolic rate and heart rate variability. **Nutr Hosp.** v. 31, n. 3, p. 1273-1277, 2014.

CHARKOUDIAN, N. *et al.* Influences of hydration on post-exercise cardiovascular control in humans. **J Physiol.** v. 552, n. 2, p. 635-644, 2003.

COYLE, E. *et al.* **Fluid replacement during exercise: effects on physiological homeostasis and performance.** In: GISOLFI, C. V. *et al.* Perspectives in exercise science and sports medicine. 3. ed. Fluid homeostasis during exercise. Indianapolis: Benchmark Press, 1990. p. 281-303.

FISHER, J. P. Autonomic control of the heart during exercise in humans: role of skeletal muscle afferents. **Exp Physiol.** v. 99, n. 2, p. 300-305, 2014.

HALLIWILL, J. R. *et al.* Post exercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: what happens after we exercise?. **Exp Physiol.** v. 98, p. 7–18, 2013.

HALLIWILL, J. R. Mechanisms and clinical implications of post-exercise hypotension in humans. **Exerc Sport Sci Rev.** v. 29, p. 65–70, 2001.

HERNANDEZ, A. J. *et al.* Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. **Rev Bras Med Esporte.** v. 15, n. 3, p. 3-12, 2009.

KELSO, T. B. *et al.* Exercise-thermoregulatory stress and increased plasma β -endorphin/ β -lipotropin in humans. **J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.** v. 57, n. 2, p. 444-449, 1984.

LANG, F. Mechanisms and significance of cell volume regulation. **J Am Coll Nutr.** v. 26, n. 5, p. 613S–623S, 2007.

LAVIE, C. J. *et al.* Exercise and the cardiovascular system: clinical science and cardiovascular outcomes. **Circ Res.** v. 117, n. 2, p. 207-219, 2015.

LEE, Y. H., *et al.* The effects of heat and massage application on autonomic nervous system. **Yonsei Med J.** v. 52, n. 6, p. 982- 989, 2011.

LUTTRELL, M. J. *et al.* Recovery from exercise: vulnerable state, window of opportunity, or crystal ball? **Front Physiol.** v. 6, p. 204, 2015.

MAUGHAN, R. J. *et al.* Dehydration and rehydration in competitive sport. **Scand J Med Sci Sports.** v. 20, n. 3, p. 40-47, 2010.

MAUGHAN, R. J. Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. **J Sports Sci.** v.9, p. 117-42, 1991.

McDERMOTT, B. P. *et al.* National athletic trainers' association position statement: Fluid Replacement for the Physically Active. **J Athl Train.** v. 52, n. 9, p. 877-895, 2017.

MCGUIRE, D. K. *et al.* A 30-year follow-up of the Dallas bedrest and training study: I. Effect of age on the cardiovascular response to exercise. **Circulation.** v. 104, n. 12, p. 1350-1357, 2001.

- MERSON, S. J. *et al.* Rehydration with drinks differing in sodium concentration and recovery from moderate exercise-induced hypohydration in man. **Eur J Appl Physiol.** v. 103, n. 5, p. 585-594, 2008.
- MICHELETTI, J. K. *et al.* A new mathematical approach to explore the post-exercise recovery process and its applicability in a cold water immersion protocol. **J Strength Cond Res.** v. 33, n. 5, p. 1266-1275, 2019.
- MONTAIN, S. J. Hydration recommendations for sport 2008. **Curr Sports Med Reports.** v. 7, p. 187-192, 2008.
- MORENO, I. L., *et al.* Cardiorespiratory effects of water ingestion during and after exercise. **Int Arch Med.** v. 6, n. 1, p. 35, 2013.
- MORENO, I. L., *et al.* Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. **Journal of the International Society of Sports Nutrition.** v. 10, n. 2, 2013.
- MORENO, I. L., *et al.* Effects of water ingestion throughout exercise and recovery on cardiac autonomic modulation during and after exercise. **Motriz: rev. educ. fis.** v. 22, n. 3, p. 174-182, 2016.
- MOYER, C. A. *et al.* A Meta-Analysis of Massage Therapy Research. **Psychological Bulletin.** v. 130, n. 1, p. 3–18, 2004.
- NICOLÒ A. *et al.* The importance of respiratory rate monitoring: from healthcare to sport and exercise. **Sensors (Basel).** v. 20, n. 21, p. 6396, 2020.
- PASTRE, C. M., *et al.* Métodos de recuperação pós-exercício: uma revisão sistemática. **Rev Bras Med Esporte.** v. 15, n. 2, p. 138-144, 2009.
- PASTRE, C. M. **Construção e aplicação de um modelo de balanço de desfechos em exercícios resistidos concêntricos e excêntricos.** 2013. Tese (Livre docência) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2013.
- PLATONOV, V. N. **La adaptación en el deporte.** Barcelona: Paidotribo, 1992.
- RABBITTS, J. A., *et al.* Influence of endogenous angiotensin II on control of sympathetic nerve activity in human dehydration. **J Physiol.** v. 587, n. 22, p. 5441-5449, 2009.

- RIVIERA-BROWN, A. M. *et al.* Principles of exercise physiology: responses to acute exercise and long-term adaptations to training. **PM&R**. v. 4, n. 11, p. 797-804, 2012.
- ROMERO, S. A., *et al.* The cardiovascular system after exercise. **J Appl Physiol**. v. 122, n. 4, p. 925-932, 2017.
- SAWKA, M. N. **Body fluid responses and hypohydration during exercise-heat stress**. In: PANDOLF, K. B. *et al.* Human Performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes. Indianapolis: Benchmark, 1988. p. 227–266.
- SAWKA, M. N. *et al.* American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. **Med Sci Sports Exerc**. v. 39, n. 2, p. 377-390, 2007.
- SAWKA, M. N. *et al.* **Effects of body water loss on physiological function and exercise performance**. In: GISOLFI, C. V. *et al.* Fluid homeostasis during exercise. Carmel: Benchmark Press, 1990. p. 1-38.
- SHIRREFFS, S. M. *et al.* Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. **Med Sci Sports Exerc**. v. 28, n. 10, p. 1260-1271, 1996.
- SHIRREFFS, S. M. The importance of good hydration for work and exercise performance. **Nutrition Reviews**. v. 63, n. 6, p. S14-S21, 2005.
- TOMLIN, D. L., *et al.* The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. **Sports Med**. v. 31, n. 1, p. 1-11, 2001.
- VANDERLEI, F. M. *et al.* Comparison of the effects of hydration with water or isotonic solution on the recovery of cardiac autonomic modulation. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**. v. 25, n. 2, p. 145-153, 2015.
- WAGNER, P. D. Determinants of maximal oxygen transport and utilization. **Annu Rev Physiol**. v. 58, p. 21-50, 1996.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada de desfechos autonômicos, cardiovasculares e respiratórios na recuperação com ingestão hídrica em homens jovens, saudáveis e fisicamente ativos pós-exercício prolongado e moderado mostrou que:

I. A análise integrada observou os efeitos positivos da ingestão de água sobre o período de recuperação pós-exercício;

II. O protocolo de exercício proposto foi capaz de promover perda de massa corporal, relacionada com a perda de líquidos, essa perda é suficiente para ser caracterizar um estado de hipohidratação, já previamente relacionado com algumas disfunções;

III. A ingestão de água foi capaz de amenizar a perda de massa corporal e consequentemente o estado de hipohidratação;

IV. A ingestão de água realizada durante e após o exercício é capaz de acelerar a recuperação integrada do sistema autonômico e cardiovascular, mas não teve efeito sobre o sistema respiratório.

V. O modelo de análise proposto pode e deve ser aprimorado em futuros estudos principalmente com relação a atribuição de pesos e ferramentas de avaliação;

Quando os diferentes níveis de capacidade cardiorrespiratória são considerados encontramos que:

I. Os indivíduos com pior capacidade cardiorrespiratória parecem se beneficiar mais da estratégia de ingestão de água adotada principalmente para os sistemas autonômico e cardiovascular;