

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS – FAEFID
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO-SENSU EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Leandro de Oliveira Sant’Ana

Diferentes variações, protocolos e períodos do treinamento intervalado nas respostas fisiológicas, perceptivas e do desempenho com distintas características amostrais

Juiz de Fora – MG

2023

Leandro de Oliveira Sant'Ana

Diferentes variações, protocolos e períodos do treinamento intervalado nas respostas fisiológicas, perceptivas e do desempenho com distintas características amostrais

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração Exercício e Esporte, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Macedo Vianna

Juiz de Fora – MG

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

de Oliveira Sant'Ana, Leandro.

Diferentes variações, protocolos e períodos do treinamento intervalado nas respostas fisiológicas, perceptivas e do desempenho com distintas características amostrais / Leandro de Oliveira Sant'Ana. -- 2023.

150 f.

Orientador: Jeferson Macedo Vianna

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2023.

1. Treinamento intervalado. 2. Variáveis fisiológicas. 3. Variáveis perceptivas. 4. Saúde. 5. Desempenho. I. Macedo Vianna, Jeferson, orient. II. Título.

Leandro de Oliveira Sant'Ana

Diferentes variações, protocolos e períodos do treinamento intervalado nas respostas fisiológicas, perceptivas e do desempenho com distintas características amostrais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação Física. Área de concentração: Exercício e Esporte.

Aprovada em 03 de abril de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Professor Doutor Jeferson Macedo Vianna – Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, Brasil

Professor Doutor Moacir Marocolo Júnior

Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, Brasil

Professor Doutor Antônio Paulo André de Castro

Centro Universitário de Valença, RJ, Brasil

Professor Doutor Diogo Manuel Teixeira Monteiro

Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, Portugal

Professor Doutor Jefferson da Silva Novaes

Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Juiz de Fora, 04/04/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Jeferson Macedo Vianna, Professor(a)**, em 04/04/2023, às 20:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diogo Manuel Teixeira Monteiro, Usuário Externo**, em 05/04/2023, às 07:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JEFFERSONDA SILVA NOVAES, Usuário Externo**, em 05/04/2023, às 08:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Moacir Marocolo Junior, Professor(a)**, em 05/04/2023, às 19:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANTÔNIO PAULO ANDRÉ DE CASTRO, Usuário Externo**, em 12/04/2023, às 18:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-UGf (www2.uGf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1220218** e o códigoCRC **5A3F675C**.

Dedico esse trabalho a minha família, em especial minha esposa Mariana Libonatti e meus filhos, Bento e Juliana. Aos meus pais, José Sant'Ana e Alzira de Oliveira. A minha irmã Giuvana Sant'Ana e meu irmão Giuliano Sant'Ana (*in memoriam*).

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus! Obrigado Senhor, por me proporcionar força, disciplina, comprometimento, calma e muito controle emocional para suportar todos os meus deveres dentro e fora à Universidade Federal de Juiz de Fora.

Agradeço a minha família, em especial minha esposa Mariana Libonatti que durante todo esse período de doutorado se manteve firme, fiel e guerreira. Sempre perto de mim, me dando força (em todos os sentidos!) e me apoiando em tudo. Também agradeço aos meus filhos, Bento e Juliana. Mesmo ainda pequenos, de alguma forma me deram muita força durante toda essa trajetória. Obrigado também, aos meus Pais, José Sant'Ana e Alzira de Oliveira por (mesmo indiretamente) terem me proporcionado princípios e a capacidade de enfrentar desafios e dificuldades. E também, agradeço a minha irmã Giuvana Sant'Ana pela torcida e apoio incondicional.

Não menos importante (muito pelo contrário), agradeço a todos os Professores do Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora (sem exceções), que contribuíram (e muito!) para esta minha formação. Em especial, ao meu orientador, Professor Doutor Jeferson Macedo Vianna que se mostrou solícito e companheiro durante todo o meu curso. Sendo parceiro e amigo! Sempre calmo e muito educado! Ao Professor Doutor Jefferson da Silva Novaes, Doutor Sérgio Machado, Doutor Diogo Monteiro (Portugal) e Doutora Fabiana Rodrigues Scartoni. Serei eternamente grato e reconhecerei por tudo que fizeres por mim.

Por fim, obrigado aos meus amigos de laboratório (LabFor-UFJF) Yuri Campos, Nathália Reis, João Guilherme e Aline Ribeiro, por toda ajuda e parceria. Caminhamos juntos, um ajudando o outro. E também, obrigado a todos os meus demais amigos e amigas (não citarei nomes aqui, para não ser injusto com ninguém!). Todos Vocês fizeram muita diferença nesta minha árdua caminhada.

Obrigado, Universidade Federal de Juiz de Fora. Entreguei o melhor que pude para corresponder o renome desta Instituição.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

(Cora Coralina)

RESUMO

O treinamento intervalado é um método de treinamento importante para alcançar respostas fisiológicas relevantes. Foram desenvolvidos em um total de seis estudos, explorando as variações, protocolos e períodos do treinamento intervalado nas respostas fisiológicas, perceptivas e do desempenho com distintas características amostrais, incluindo uma revisão sistemática, com intenção de aprofundar e enriquecer as investigações sobre a temática alvo da pesquisa. Estudo I: Objetivou verificar as respostas de diferentes intervalos entre os sprints na pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca, lactato e respostas de desempenho em homens fisicamente ativos. Dez corredores masculinos participaram do presente estudo. Os participantes realizaram três sessões, utilizando séries com sprint (10 x 30m – intensidade máxima). Para cada sessão, o protocolo foi realizado com intervalos de recuperação entre estímulos diferentes (20, 30 e 40 segundos). A cada visita, a pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca e lactato foram coletadas antes e após. Como resultados, estudo observou diferenças significativas na variável lactato para a comparação nos momentos pré e pós para todas as condições experimentais (S₂₀, S₃₀ e S₄₀) ($p < .001$). Além disso, foram observadas diferenças significativas na percepção do esforço para S₂₀ e S₃₀ a partir do sexto *sprint* ($p < .05$). Em S₄₀, as diferenças significativas na percepção do esforço começaram a partir do quinto sprint ($p < .05$). Nenhuma diferença significativa foi observada para a pressão arterial para todos os períodos pré e pós. Para desempenho do sprint e variabilidade da frequência cardíaca, nenhuma diferença foi encontrada ($p > .05$). No estudo II: Objetivou verificar a influência dos diferentes tempos de intervalo entre os sprints no desempenho dos atletas de futsal amadores. Dez indivíduos, homens, atletas de futsal amadores (participaram do estudo). Os indivíduos foram selecionados aleatoriamente para realizar sessões com sprints (10 séries de 20 m) com diferentes tempos de pausa de 15 (S₁₅), 30 (S₃₀) e 60 (S₆₀) segundos. Para análise do desempenho, a velocidade (km/h) aplicada a cada sprint foi monitorada por um dispositivo de fotocélula. Foi observado uma interação entre velocidade e tempo de intervalo ($p = .001$). Para a condição S₁₅, observou-se uma maior redução no desempenho ($p \leq .05$), enquanto para S₃₀ e S₆₀, não se observou qualquer redução significativa no

desempenho ($p > .05$). Os dados para a área sob a curva mostraram uma diferença significativa ($p = .001$), onde o intervalo de 60s (S_{60}) foi mais longo em comparação com os valores de 30 (S_{30}) ($p = .001$) e 15s (S_{15}) ($p = .001$). No entanto, não houve diferenças significativas entre os dados de 30 e 15 s ($p = .248$). No estudo III: Objetivou, através de uma revisão sistemática, verificar os efeitos do treinamento intervalado no sistema cardiovascular em idosos saudáveis. Os estudos foram procurados nas bases de dados MedLine, PubMed, e Sport Discus. Após procedimentos criteriosos de seleção, apenas seis estudos foram incluídos para a análise final. Os resultados mostraram que os protocolos de treinamento intervalado pode ser um método eficiente para melhora funcional das variáveis cardioprotetoras em idosos, especialmente frequência cardíaca de repouso, pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca, atividade barorreflexa e consumo máximo de oxigênio. No estudo IV: Objetivou verificar os efeitos de oito semanas de treinamento intervalado com diferentes intensidades sobre a função hemodinâmica e autonômica em idosos. 24 homens idosos que eram fisicamente ativos participaram dos estudos em 3 grupos experimentais: grupo de treinamento A (GT_A , $n = 8$), grupo de treinamento B (GT_B , $n = 8$) e grupo de controle (GC, $n = 8$). Para os grupos treinamentos, as intervenções foram desenvolvidas duas vezes por semana durante oito semanas, com um intervalo de 48 horas entre as sessões. As avaliações foram realizadas antes (*baseline*) e após a oitava semana de intervenção. O grupo de controle não realizou nenhuma intervenção. Foram avaliadas a frequência cardíaca de repouso, pressão arterial (sistólica, diastólica e média), variabilidade da frequência cardíaca e duplo produto. As variáveis foram analisadas durante 10 minutos com os sujeitos em repouso na posição sentada antes e depois da intervenção. Após a intervenção, não foram encontrados resultados estatisticamente significativos nas variáveis avaliadas ($p > .05$). No estudo V: Objetivou verificar os efeitos crônicos do treinamento intervalado com diferentes intensidades sobre as variáveis hemodinâmicas, autonômicas e cardiorrespiratória de pessoas idosas fisicamente ativas. 24 homens idosos participaram do estudo em três grupos experimentais: grupo de treinamento A (GT_A , $n = 8$), grupo de treinamento B (GT_B , $n = 8$) e grupo de controle (GC, $n = 8$). Os grupos GT_A e GT_B realizaram 32 sessões de treinamento

com 48 horas de intervalo. A GT_A realizou 4 min. (55 a 60% da FC_{res}) e 1 min (70 a 75% da FC_{res}). O GT_B realizou o mesmo protocolo, mas realizou 4 min com 45 a 50% de FC_{res} e 1 min com 60 a 65% de FC_{res}. As avaliações foram realizadas antes e após a 16^a e 32^a sessão de intervenção. O GC realizou apenas avaliações. Como resultados, não houve diferenças estatisticamente significativas entre protocolos e momentos ($p > .05$). Entretanto, o tamanho do efeito e o delta percentual indicaram resultados clínicos com magnitudes relevantes, indicando respostas favoráveis à intervenção de treinamento intervalado sobre as variáveis pesquisadas. Nos estudos VI: Objetivou verificar as respostas agudas do treinamento intervalado de alta intensidade com recuperação fixa e auto selecionada na reativação parassimpática. 19 indivíduos participaram do estudo, sendo: 13 homens e 6 mulheres. Eles realizaram 10 x 30 s (95% V_{pico}) por 1 min (HIIT_{RecA} 1 min. - ativo - 40% V_{pico}) ou a recuperação auto selecionada (HIIT_{RecB} - ativo - 40% V_{pico}). A variabilidade da frequência cardíaca foi avaliada antes e depois dos protocolos. A frequência cardíaca foi coletada antes, imediatamente após cada estímulo e no final da sessão (durante 10 min.). Como resultados, não foram observadas diferenças em todos os índices da variabilidade da frequência cardíaca para condição e tempo*condição. Entretanto, uma diferença significativa foi observada em todas os índices da variabilidade da frequência cardíaca em termos de tempo ($p < .001$), e os efeitos observados são médios ($> .06$). O modelo de curva de crescimento latente foi calculado para identificar as respostas interindividuais e intraindividuais na frequência cardíaca, durante e após o esforço. A variação de interceptação (interindividual) e inclinação (interindividual) foi significativa para todos os momentos analisados ($p < .05$), intra e após esforço (*High Intensity Interval Training*) para ambas as condições realizadas (HIIT_{RecA} e HIIT_{RecB}).

Palavras chaves: Treinamento Intervalado; Treinamento Intervalado de Alta Intensidade; Variáveis Fisiológicas, Variáveis Perceptivas; Saúde; Desempenho.

ABSTRACT

Interval training is an important training method for achieving relevant physiological responses. A total of six studies were developed, exploring the variations, protocols, and periods of interval training on the physiological, perceptual, and performance responses with different sample characteristics, including a systematic review, with the intention of deepening and enriching the investigations on the research target theme. Study I: Aimed to verify the responses of different intervals between sprints on blood pressure, heart rate variability, lactate and performance responses in physically active men. Ten male runners participated in this study. The participants performed three sessions, using series with sprint (10 x 30m - maximum intensity). For each session, the protocol was performed with different recovery intervals between stimuli (20, 30 and 40 seconds). At each visit, blood pressure, heart rate variability and lactate were collected before and after. As results, study observed significant differences in lactate variable for the comparison at pre and post times for all experimental conditions (S₂₀, S₃₀ and S₄₀) ($p < .001$). In addition, significant differences in perceived exertion were observed for S₂₀ and S₃₀ from the sixth sprint onwards ($p < .05$). In S₄₀, significant differences in perceived exertion started from the fifth sprint ($p < .05$). No significant differences were observed for blood pressure for all pre and post periods. For sprint performance and heart rate variability, no difference was found ($p > .05$). Study II: It aimed to verify the influence of different interval times between sprints on the performance of amateur futsal athletes. Ten male individuals, amateur futsal athletes (participated in the study. The individuals were randomly selected to perform sessions with sprints (10 sets of 20 m) with different break times of 15 (S₁₅), 30 (S₃₀) and 60 (S₆₀) seconds. For performance analysis, the speed (km/h) applied to each sprint was monitored by a photocell device. An interaction was observed between speed and interval time ($p = .001$). For the S₁₅ condition, a greater reduction in performance was observed ($p \leq .05$), while for S₃₀ and S₆₀, no significant reduction in performance was observed ($p > .05$). The data for the area under the curve showed a significant difference ($p = .001$), where the 60s interval (S₆₀) was longer compared to the 30s (S₃₀) ($p = .001$) and 15s (S₁₅) ($p = .001$) values. However, there were no significant differences

between the 30 and 15 s data ($p=.248$). In Study III: It aimed, through a systematic review, to verify the effects of interval training on the cardiovascular system in healthy elderly people. Studies were searched in the MedLine, PubMed, and Sport Discus databases. After careful selection procedures, only six studies were included for the final analysis. The results showed that interval training protocols can be an efficient method for functional improvement of cardioprotective variables in the elderly, especially resting heart rate, blood pressure, heart rate variability, baroreflex activity and maximal oxygen consumption. Study IV: It aimed to verify the effects of eight weeks of interval training with different intensities on hemodynamic and autonomic function in elderly subjects. 24 elderly men who were physically active participated in the study in 3 experimental groups: training group A (TG_A, n = 8), training group B (TG_B, n = 8) and control group (CG, n = 8). For the training groups, the interventions were developed twice a week for eight weeks, with a 48-hour interval between sessions. The evaluations were made before (baseline) and after the eighth week of intervention. The control group did not undergo any intervention. Resting heart rate, blood pressure (systolic, diastolic and mean), heart rate variability and double product were evaluated. The variables were analyzed for 10 minutes with the subjects at rest in the sitting position before and after the intervention. After the intervention, no statistically significant results were found in the variables evaluated ($p>.05$). Study V: It aimed to verify the chronic effects of interval training with different intensities on hemodynamic, autonomic and cardiorespiratory variables in physically active elderly people. 24 elderly men participated in the study in three experimental groups: training group A (TG_A, n = 8), training group B (TG_B, n = 8) and control group (CG, n = 8). The TG_A and TG_B groups performed 32 training sessions 48 hours apart. TG_A performed 4 min (55 to 60% of HR_{res}) and 1 min (70 to 75% of HR_{res}). The TG_B performed the same protocol, but performed 4 min at 45 to 50% HR_{res} and 1 min at 60 to 65% HR_{res}. The evaluations were performed before and after the 16th and 32nd intervention sessions. The CG performed only evaluations. As results, there were no statistically significant differences between protocols and time points ($p>.05$). However, the effect size and the delta percentage indicated clinical results with relevant magnitudes,

indicating favorable responses to the interval training intervention on the variables studied.

Study VI: The objective was to verify the acute responses of high-intensity interval training with fixed and self-selected recovery on parasympathetic reactivation. 19 individuals participated in the study: 13 men and 6 women. They performed 10 x 30 s (95% V_{peak}) for 1 min (HIIT_{RecA} 1 min - active - 40% V_{peak}) or self-selected recovery (HIIT_{RecB} - active - 40% V_{peak}). Heart rate variability was assessed before and after the protocols. Heart rate was collected before, immediately after each stimulus, and at the end of the session (for 10 min). As results, no differences were observed in all indices of heart rate variability for condition and time* condition. However, a significant difference was observed in all indices of heart rate variability for time ($p < .001$), and the observed effects are average ($> .06$). The latent growth curve model was calculated to identify the interindividual and intraindividual responses in heart rate during and after exertion. Intercept (interindividual) and slope (interindividual) variation was significant for all analyzed time points ($p < .05$), intra and after exertion (High Intensity Interval Training) for both conditions performed (HIIT_{RecA} and HIIT_{RecB}).

Keywords: Interval Training; High Intensity Interval Training; Physiological Variables, Perceptual Variables; Health; Performance.

LISTA DE ABREVIÇÕES E SIGLAS

TI:	Treinamento Intervalado
HIIT:	<i>High Intensity Interval Training</i>
RST:	<i>Repeated Sprint Training</i>
SIT:	<i>Sprint Interval Training</i>
HIWT	<i>High Intensity Interval Walking Training</i>
FC:	Frequência Cardíaca
FC_{max}:	Frequência Cardíaca Máxima
FC_{res}:	Frequência Cardíaca Reserva
FC_r:	Frequência Cardíaca de Repouso
FC_r:	Frequência Cardíaca de Recuperação (estudo VI)
PE:	Percepção do Esforço
VO_{2max}:	Consumo Máximo de Oxigênio
iVO_{2max}:	Intensidade Relacionada ao Consumo Máximo de Oxigênio
T_{limit}:	Tempo Limite em Exaustão
V_{pico}:	Velocidade Pico
ATP-CP:	Adenosina Trisfosfato – Creatina Fosfato
PCr:	Fosfocreatina
Lac:	Lactato
VFC:	Variabilidade da Frequência Cardíaca
RR:	<i>Rate a Rate</i>
SDNN:	<i>Standard Deviation of the Normal-to-Normal</i>
RMSSD:	<i>Root Mean Square of Successive Differences</i>
LnRMSSD:	<i>Logarithm Root Mean Square of Successive Differences</i>
PNN50%:	<i>Percentage of Successive Normal Sinus RR Intervals More than 50 ms</i>
LF:	<i>Low Frequency</i>
HF:	<i>High Frequency</i>
LF/HF:	<i>Low Frequency / High Frequency Ratio</i>
PA:	Pressão Arterial
PAS:	Pressão Arterial Sistólica
PAD:	Pressão Arterial Diastólica
PAM:	Pressão Arterial Média
DP:	Duplo Produto
V_{max}:	Velocidade Aeróbia Máxima
PG1α:	<i>Peroxisome Proliferator-Activated Receptor γ Co Activator 1α</i>
TFam:	<i>Mitochondrial Transcription Factor</i>
PAR-Q:	Questionário de Prontidão de Atividade
CNS:	Conselho Nacional de Saúde
S₁₅:	<i>Sprint</i> com 15 segundos de recuperação

S₂₀:	<i>Sprint</i> com 20 segundos de recuperação
S₃₀:	<i>Sprint</i> com 30 segundos de recuperação
S₄₀:	<i>Sprint</i> com 40 segundos de recuperação
S₆₀:	<i>Sprint</i> com 60 segundos de recuperação
CA⁺:	Cálcio
M:	Metros
S:	Segundos
Km/h:	Quilômetros por hora
ASC:	Área Sob a Curva
ES:	<i>Effect Size</i>
IMC:	Índice de Massa Corporal
Kg:	Quilogramas
Kg/m²:	Quilogramas por metros quadrados
LV:	Límiar Ventilatório
BPM:	Batimentos Por Minuto
AB:	Atividade Barorreflexa
ml.kg.min⁻¹:	Mililitros por quilogramas por minuto
l.min⁻¹:	Litros por minuto
mm/hg⁻¹:	Milímetros de mercúrio por minuto
O₂:	Oxigênio
GT_A:	Grupo Treinamento A
GT_B:	Grupo Treinamento B
GC:	Grupo Controle
Δ%:	Delta Percentual
HIIT_{RecA}:	<i>High Intensity Interval Training Recovery A</i>
HIIT_{RecB}:	<i>High Intensity Interval Training Recovery B</i>
®/™:	Marca e/ou Serviço Registrado
LGCM:	Modelo de Curva de Crescimento Latente

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO		19
ESTUDO I	Efeitos agudos de diferentes intervalos de recuperação entre <i>sprint</i> sobre a pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca, lactato e respostas de desempenho em homens fisicamente ativos	34
ESTUDO II	Efeitos agudos de diferentes intervalos entre sprints repetidos sobre as respostas de desempenho em atletas amadores de futsal	53
ESTUDO III	Efeitos do intervalo cardiovascular treinamento em assuntos saudáveis para idosos: uma revisão sistemática	63
ESTUDO IV	Oito semanas de treinamento intervalo não melhoraram variáveis cardiovasculares em idosos	83
ESTUDO V	Efeitos crônicos de diferentes intensidades de treinamento intervalado sobre variáveis hemodinâmicas, autonômicas e cardiorrespiratórias de pessoas idosas fisicamente ativas	94
ESTUDO VI	Respostas agudas do treinamento intervalado de alta intensidade com recuperação fixa e auto selecionada na reativação parassimpática através da variabilidade da frequência cardíaca e da frequência cardíaca	108
CONSIDERAÇÕES FINAIS		124
REFERÊNCIAS		127
APÊNDICE A	Estudo I: Publicado na <i>The Open Sports Sciences Journal</i>	143
APÊNDICE B	Estudo II: Publicado na <i>Journal of Physical Education</i>	144

APÊNDICE C	Estudo III: Publicado na <i>Frontiers in Physiology</i>	145
APÊNDICE D	Estudo IV: Publicado na <i>The Open Sports Sciences Journal</i>	146
APÊNDICE E	Estudo V: Publicado na <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	147
ANEXO A	Parecer do Comitê de Ética dos estudos IV e V	148
ANEXO B	Parecer do Comitê de Ética dos estudos I, II e VI	149
ANEXO C	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	150

INTRODUÇÃO

Treinamento intervalado

Tradicionalmente, o treinamento intervalado (TI) é um método que possibilita importantes alterações fisiológicas (ASTORINO; SCHUBERT, 2014). Estudos mostram que o TI pode ser ótima opção para melhoras das capacidades anaeróbias (BILLAT, 2001a), aeróbias (BILLAT, 2001b), cardiorrespiratórias (ROSENBLAT; GRANATA; THOMAS, 2022) e cardiovasculares (VANZELLA; LINARES; *et al.*, 2019). Os mecanismos fisiológicos provocados pelo TI, dos quais serão explanados mais adiante, envolvem fatores centrais (MACINNIS; GIBALA, 2017) e periféricos (MACINNIS *et al.*, 2017). Além disso, alterações bioquímicas e bioenergéticas também são fatores importantes nas diversas respostas promovidas por intervenção do TI (BURGOMASTER *et al.*, 2005; BURGOMASTER; HEIGENHAUSER; GIBALA, 2006). Entretanto, estas mudanças fisiológicas são fundamentais para o aumento da capacidade funcional do indivíduo (GONZÁLEZ-MOHÍNO *et al.*, 2019), sendo importante tanto para saúde (GIBALA, MARTIN J.; GILLEN; PERCIVAL, 2014; TAYLOR *et al.*, 2018) quanto para o desempenho (ENGEL *et al.*, 2018; ROSENBLAT *et al.*, 2021)

Treinamento intervalado: terminologias, tipo de protocolos e monitoramento de intensidade

O TI possui variações metodológicas determinadas pela intensidade do estímulo, popularmente conhecido como treinamento intervalado de alta intensidade (LAURSEN; JENKINS, 2002). Adiante, sempre que for mencionado aqui sobre esta variação do TI, será citado a sigla no formato em inglês: ex: HIIT (*High intensity interval training*). Assim, manteremos o padrão de escrita na literatura. Estudos relacionados ao HIIT vem aumentando anualmente (ATAKAN *et al.*, 2021) por ampla parte da comunidade científica mundial (YOU *et al.*, 2021). Em termos metodológicos, a literatura sobre HIIT se ancora nos limiares fisiológicos e mecânicos para a definição desta variação de aplicação do TI (DEL VECCHIO *et al.*, 2014), porém ainda não existe um consenso sobre estas definições, que ainda demonstram ser inconsistentes. Comumente, o HIIT é aplicado com suas intensidades de

estímulos executados em submáxima (próximo ao limiar determinado: 90-95%), máxima (no limiar determinado: 100%) e supramáxima (acima do limiar determinado: maior que 100%) intensidade relacionado a algum parâmetro fisiológico ou mecânico (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, b). Sobretudo, apesar dos estudos não focarem nisso (ALICEA *et al.*, 2021; SÁNCHEZ-OTERO *et al.*, 2022; SMILIOS *et al.*, 2018), devemos considerar que o HIIT, não é um método e sim, conforme já citado e reforçado por outros estudos (ATAKAN *et al.*, 2021; ENGEL *et al.*, 2018; ROSENBLAT; GRANATA; THOMAS, 2022), uma variação do TI, o qual é considerado um método de treinamento (BILLAT, 2001a).

O HIIT pode ser aplicado em diferentes tipos de protocolos, caracterizado pelo tempo de estímulo, sendo curto (<60s) e longo (≥60s) (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a). O HIIT com estímulos curtos, geralmente, são conduzidos em formato de *sprints*, denominados *Repeated Sprint Training* (RST) ou *Sprint Interval Training* (SIT). O que diferencia o TI tradicional para suas variações (HIIT, SIT e RST), é que sua aplicação utiliza estímulos abaixo dos limiares (também baseado em parâmetros fisiológicos ou mecânicos), em intensidade competente para promover alterações fisiológicas, porém em níveis limitados (geralmente, abaixo de 90% do limiar: fisiológico ou mecânico) (GIBALA, MARTIN J.; GILLEN; PERCIVAL, 2014; MACINNIS; GIBALA, 2017). Contudo, conhecer essas diferenciações metodológicas sobre o método do TI, são determinantes para definir a prescrição de maneira mais pertinente e adequada nos mais diferentes objetivos e demandas de um determinado indivíduo (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, b; LAURSEN; JENKINS, 2002)

De maneira ainda mais categórica, no HIIT, foram considerados estímulos menor ou igual a 10 segundos (RST) e de 10-30 segundos (SIT) como curtos, 30s a 2 minutos como médios e maior ou igual a 2 minutos, como longos (WEN *et al.*, 2019). Sobre o tempo total da sessão, ainda se confunde de que o HIIT, obrigatoriamente terá tempo total da sessão curto, mas isso não é uma regra metodológica (DEL VECCHIO, 2019; DEL VECCHIO *et al.*, 2014). Considerando todos estes formatos de aplicação do TI, assim como em outros tipos de prescrições, exige uma ótima razão entre quantidade e qualidade do exercício

aplicado (GARBER *et al.*, 2011). Para isso, o controle da distribuição de intensidade (SEILER; KJERLAND, 2006) e coerência entre estímulo e recuperação (THIBAUT, 2003) serão determinantes nas respostas fisiológicas, frente aos mecanismos de evolução do condicionamento físico como todo.

Para monitoramento da intensidade, considerando todas as formas de aplicação do TI, são utilizados parâmetros fisiológicos: frequência cardíaca (FC), máxima (FC_{max}) e de reserva (FC_{res}), concentração sanguínea de lactato, percepção do esforço (PE) e consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). E parâmetros mecânicos: intensidade (velocidade, potência e ritmo) associada ao VO_{2max} (iVO_{2max}) e tempo limite ou tempo de exaustão (T_{Limit}) (DEL VECCHIO, 2019). Outro parâmetro mecânico, que pode ser utilizado para conduzir os estímulos do TI é a velocidade pico (V_{pico}) (MANOEL *et al.*, 2017; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990) que pode ser identificado em um teste incremental (MACHADO *et al.*, 2013). Mas, com relação a aplicabilidade prática, a frequência cardíaca (BOULAY *et al.*, 1997), a percepção do esforço “*all out*” (BORG, 1982; UTTER *et al.*, 2004) e as variáveis mecânicas como T_{Limit} ou de exaustão (BILLAT *et al.*, 1995) e a V_{pico} (MACHADO *et al.*, 2013; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990) podem ser ótimas estratégias, pois possuem boa acessibilidade e confiabilidade para serem utilizadas na aplicação, principalmente nos protocolos com estímulos em alta intensidade.

Treinamento intervalado: estratégias de recuperação entre estímulos

Atualmente, estudos com intervenções com TI tem sido direcionado para os protocolos de alta intensidade e, muitas das vezes estas pesquisas enfatizam as análises dos estímulos (BATACAN *et al.*, 2017; ENGEL *et al.*, 2018). Mas, outra variável de prescrição que possui grande importância é a recuperação entre estímulos (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a), onde o tempo de recuperação pode determinar menor ou maior contribuição dos diferentes sistemas energéticos, anaeróbio (BILLAT., 2001a) ou aeróbio (BILLAT., 2001b), além de outras respostas. Em estudos que aplicaram intervenção com estímulos supramáximo, com características anaeróbias, o tempo de recuperação entre estímulos (10 x

sprints 6s por 30s de recuperação) determinou maior contribuição aeróbia na ressíntese energética (GAITANOS *et al.*, 1993). Neste mesmo estudo, foi constatado uma redução significativa da contribuição energética ATP-CP, mas apesar disso, houve um aumento da transferência de energia anaeróbia e, adicionalmente, um aumento expressivo do metabolismo aeróbio, isso porque o tempo de intervalo de recuperação foi insuficiente para ressíntese completa da fosfocreatina (PCr). Além disso, outro fator para maior contribuição aeróbia em séries de sprints (com características anaeróbias) é o somatório de estímulos (GAITANOS *et al.*, 1993). Por outro lado, recuperação maior após estímulos supramáximos (4 a 7 x 30 segundos “all out” por 4 minutos de recuperação) melhoraram o potencial oxidativo e glicolítico no músculo esquelético humano (BURGOMASTER *et al.*, 2005; BURGOMASTER; HEIGENHAUSER; GIBALA, 2006), demonstrando assim o quanto a manipulação (ex: tempo de recuperação) do intervalo de recuperação pode alterar nas respostas metabólicas e conseqüentemente no desempenho (GERMANO *et al.*, 2022; SMILIOS *et al.*, 2018). De fato, o tempo de recuperação entre estímulos pode determinar a magnitude das respostas fisiológicas e, conseqüentemente, o desempenho (BALSOM *et al.*, 1992).

Protocolos com diferentes tempos de recuperação, demonstraram resultados importantes sobre variáveis fisiológicas, perceptivas e de desempenho. Billaut; Giacomoni; Falgairette (2003) demonstraram que diferentes tempos de recuperação (15, 30, 60 e 120 segundos) apresentaram respostas semelhantes na potência após sprints máximos (8 segundos) em homens e mulheres. Mas, entre as mulheres, houve maior demora (segundos) para alcançar a potência máxima ($p < .01$), do mesmo modo que houve maior perda de potência pico (%Ppico), comparado com os homens ($p < .05$). No entanto, o protocolo usado (4 séries de 2 x 8 segundos com 15, 30, 60 e 120 segundos de recuperação com 240 segundos de recuperação entre cada séries), pode ter influenciado nas respostas obtidas. Adicionalmente, protocolo de sprints de 10 x 30 metros com intervalos 20, 30 e 40 segundos também não apresentaram respostas distintas ($p > .05$) no lactato (LAC), na pressão arterial (durante 60 minutos após a sessão), na variabilidade da frequência cardíaca (VFC), na PE

(após cada estímulo) e no desempenho (tempo) em jovens saudáveis (SANT'ANA *et al.*, 2022). Por outro lado, um outro estudo (GLAISTER *et al.*, 2005), aplicou 20 sprints de 5 segundos (*all out*) em duas condições, com recuperação de 10 e 30 segundos. Em suma, com 30 segundos de recuperação, os indivíduos apresentaram maiores medidas ($p < .05$) de potência pico (4%) e média (26%), possivelmente por causa da maior ressíntese de PCr nesta condição. Adicionalmente, os achados deste mesmo estudo, demonstraram que maior tempo de recuperação (30 segundos) entre sprints (20 x 5 segundos) menores níveis de fadiga (16%), $FC_{máx}$, relação troca respiratória, $VO_{2máx}$. Com relação a PE e LAC, apresentaram um aumento progressivo ($p < .05$) para ambas as condições (intra condição), porém sendo mais significativo ($p < .05$) na condição com menor tempo de recuperação (10 segundos). Talvez por motivo compensatório para suprir a capacidade reduzida da ressíntese de PCr (GLAISTER, 2005)

Entretanto, outra situação que demanda atenção na prescrição do HIIT é o tipo de recuperação, podendo ser ativa ou passiva (ABDERRAHMAN *et al.*, 2013). Pois possui papel importante nas respostas metabólicas (WAHL *et al.*, 2014) e fisiológicas (DUPONT; BERTHOIN, 2004). Estudos apontam as influências do tipo de recuperação na potência de saída (BOGDANIS; NEVILL; LAKOMY, 1996; CONNOLLY; BRENNAN; LAUZON, 2003), no tempo de consumo elevado de oxigênio (DUPONT; BERTHOIN, 2004), nas alterações metabólicas (SPENCER *et al.*, 2006), cardiorrespiratórias (WIEWELHOVE *et al.*, 2018) e do desempenho (TOUBEKIS *et al.*, 2006; TOUBEKIS; DOUDA, 2005). Ambos os tipos de recuperação, são reforçados pelos estudos serem eficientes, no entanto, o mais importante é direcionar o tipo de recuperação de acordo com o objetivo e estado condicional do praticante/atleta (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013b) e seguir a proporção lógica associado ao tempo e intensidade do estímulo (THIBAUT, 2003). Mas, em específico a recuperação ativa, são inconsistentes e escassos os estudos sobre a intensidade dose resposta ideal entre os estímulos do HIIT (DUPONT *et al.*, 2007). Considerando estas manipulações (ex: tempo e tipo: ativo ou passivo) da recuperação entre estímulos de alta intensidade, outra estratégia que pode ser utilizada é a auto selecionada, onde o indivíduo pode recuperar no tempo e/ou

intensidade que for de conveniência própria para retornar ao próximo estímulo (GLAISTER, *et al.*, 2010). Apesar de não ser comum nas prescrições de treinamento intervalado, a recuperação auto selecionada não é algo recente (BONEN; BELCASTRO, 1976) e assim como no modelo padrão de recuperação (tempo, tipo e intensidades fixados), a recuperação auto selecionada também mostra ser importante em diferentes respostas fisiológicas, perceptivas e de desempenho (GIBSON *et al.*, 2017; MCEWAN *et al.*, 2018).

Treinamento Intervalado: Diferentes protocolos na aplicabilidade aguda e crônica direcionado aos parâmetros de desempenho em diferentes populações

Com relação ao desempenho, já é bem estabelecido que o TI é uma ótima estratégia para prescrição no programa de treinamento (BILLAT, 2001a, b) e uma das variáveis importantes para melhorar o rendimento do indivíduo em determinada atividade (seja esta esportiva ou não) é o $VO_{2\text{máx}}$ (BILLAT, V.L. *et al.*, 1999). Considerando, que o $VO_{2\text{máx}}$ pode determinar o limite funcional do indivíduo, sendo importante não somente para o desempenho (WEN *et al.*, 2019), mas também no comportamento saudável do organismo influenciando diversos fatores fisiológicos, como por exemplo a capacidade aeróbia (GIST *et al.*, 2014). Assim, estudos que aplicaram TI (em distintas variações), mostraram resultados positivos em jovens (MENZ *et al.*, 2019), adultos (WEN *et al.*, 2019) e idosos (SANT'ANA *et al.*, 2020). Diferentes protocolos de TI (8 x 20 segundos a 170% $VO_{2\text{max}}$ por 10 segundos passivo; 13 x 30 segundos 100% P_{pico} por 60 segundos a 90% do limiar ventilatório I) apresentaram melhoras significativas (18%) no $VO_{2\text{max}}$ de jovens adultos sedentários, após 8 semanas de intervenção (FOSTER *et al.*, 2015). Nos idosos, após 14 semanas com TI, foi observado uma melhora significativa do $VO_{2\text{max}}$ (18,6%, $p < .01$) passando de 26.84 ± 4.38 para $31.82 \pm 5.15 \text{ ml.kg.min}^{-1}$. No entanto, sabemos que em idosos, o objetivo dos estudos está relacionado (em grande parte) a saúde. Mas, há achados de que o TI também pode ser positivo na melhora do $VO_{2\text{max}}$ ($p < .05$) em idosos atletas de ambos os sexos (MOLMEN *et al.*, 2012).

Atualmente, o HIIT tem sido aplicado frequentemente nas avaliações de desempenho e, pelo fato de ser uma estratégia positiva, ganhou a confiabilidade no âmbito esportivo (DOLCI *et al.*, 2020), onde muitas das vezes é utilizado como intervenção e suas respostas avaliadas, utilizando testes com protocolos específicos a modalidade praticada, como por exemplo teste de desempenho em 5 km para corredores (CABRAL-SANTOS *et al.*, 2017), ou funcionais, como por exemplo o teste Wingate (DUPONT *et al.*, 2007), que tem sua aceitabilidade em diferentes modalidades esportivas, principalmente cíclicas. Estudo de Mallol *et al.* (2020) utilizou diferentes protocolos de HIIT utilizando a corrida e *bike* em mulheres. E após 4 semanas maior VO_{2max} foi observado no protocolo utilizando a corrida ($p < .01$; ES = 0.6), enquanto esta variável não alterou no protocolo feito na *bike* ($p > .05$). Por outro lado, o HIIT realizado na *bike*, melhorou o tempo de uma prova de 10 km (TT_{run}) ($p < .05$; ES = -0.4).

O TI (e suas variações), permite diferentes adaptações fisiológicas que favorecem a melhora do desempenho em diferentes aspectos (GIBALA, M.J.; MCGEE, 2008; GIBALA, MARTIN J.; GILLEN; PERCIVAL, 2014). Silva *et al.* (2017) mostraram que em 4 semanas de intervenção com o HIIT, foi capaz de melhorar 5% no pico de velocidade em esteira rolante e 7% na economia do movimento. Mas, não houve diferenças significativas ($p > .05$) no VO_{2max} , no início do acúmulo do lactato sanguíneo e no teste de 5km de corrida. Outro fator importante no desempenho é custo energético para uma determinada atividade, onde quanto menor dispêndio energia, melhor é o rendimento (GONZÁLEZ-MOHÍNO *et al.*, 2016). E nesse sentido, o TI tem demonstrado desfechos importantes, especialmente em atletas de corrida (GONZÁLEZ-MOHÍNO *et al.*, 2019). Por fim, análises com relação ao tempo de execução também são realizadas para análise do desempenho em intervenções com o TI. E protocolos de SIT (10 x 30 metros *all out*) com diferentes intervalos de recuperação (20, 30 e 40 segundos) não apresentaram diferenças (tempo do *sprint*) e foram suficientes para a manutenção do desempenho (SANT'ANA *et al.*, 2022). Por outro lado, em protocolos com *sprints* de 20 metros (10 x 20 metros *all out*), recuperação menor (15 segundos, passiva) pode afetar significativamente ($p < .05$) o desempenho (tempo do *sprint*) comparado com

tempos maiores de recuperação (30 e 60 segundos) (SANT'ANA *et al.*, 2022). No entanto, em diferentes tipos de análises e interpretações, o TI com suas variações pode interferir no desempenho, em grande parte, de maneira positiva. Mas, salientando que diferentes respostas são acometidas em se tratando de intervenções agudas e crônicas (ASTORINO; SCHUBERT, 2014).

Treinamento Intervalado: Diferentes protocolos na aplicabilidade aguda e crônica direcionada aos parâmetros de saúde em diferentes populações

O exercício físico de uma forma geral, é indispensável para aumentar o potencial de diferentes indicadores fisiológicos ligados à saúde (FLETCHER *et al.*, 2018). No entanto, vale a ressalva que determinados indicadores da saúde, também são mediadores do desempenho (GAESSER; ANGADI, 2011), o que reforça a ideia de ambos os fatores estarem associados (GARBER *et al.*, 2011). E nesse sentido, o TI pode ser uma ótima estratégia de intervenção (GIBALA, 2007). Dentre alguns indicadores relacionados à saúde, estudos mostraram que o TI aplicado seguindo as diferentes variações foi importante nas respostas cardiovasculares (BENDA *et al.*, 2015), autonômicas (VANZELLA *et al.*, 2019) cardiorrespiratória (WEN *et al.*, 2019), cardiometabólicas (BATACAN *et al.*, 2017), diabetes (DE OLIVEIRA TELES *et al.*, 2022) e de saúde mental (POON, K., 2022). Além disso, outros fatores que estão ligados ao estado de saúde, como qualidade de vida e sono (ALARCÓN-GÓMEZ *et al.*, 2021), função executiva (COSTELLO *et al.*, 2022) e comportamentais (MARQUES *et al.*, 2020), apresentaram respostas positivas após o treinamento utilizando o TI, em específico, no formato do HIIT. Contudo, de uma maneira geral, nos marcadores fisiológicos (por exemplo: cardiovasculares, metabólicos e desempenho aeróbio) e psicológicos (por exemplo: afeto e prazer) ligados ao estado da saúde, o TI pode ser um grande aliado para a obtenção de respostas importantes (KILPATRICK; JUNG; LITTLE, 2014).

Com relação as diferentes maneiras de aplicação o TI, estudos reforçam que, independentemente da forma que se conduz o treinamento, respostas positivas são

acometidas decorrentes da intervenção com séries de estímulos e recuperação em diferentes populações (ATAKAN *et al.*, 2021). Para a saúde, alguns indicadores são importantes parâmetros e por isso, ter informações positivas a respeito é muito importante, principalmente em se tratando de respostas do exercício físico (FLETCHER *et al.*, 2018). Por exemplo, A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é uma variável que indica a modulação neurocardíaca (GEUS *et al.*, 2019) e importante na promoção da eficiência cardiovascular (SHAFFER; MCCRATY; ZERR, 2014). Assim, diferentes protocolos de TI demonstraram resultados positivos para VFC. Assim, oito sessões com HIIT de 20 minutos composto por estímulos curtos [cada 1 minuto: estímulo de 10 segundos (100 rpm) por 50 segundos de recuperação (50 rpm)] em $\geq 90\%$ da frequência cardíaca pico promoveram ($p < .05$) uma melhora da VFC (RR e LnLF/HF) em adultos inativos (ALANSARE *et al.*, 2018). Adicionalmente, de maneira aguda, 6 séries de 30 segundos (*all out*) com 4 minutos de recuperação (30w), causaram maiores impactos ($p < .05$) para a VFC (RMSSD) em homens e mulheres (PERKINS *et al.*, 2017). No mesmo sentido, *sprints* de 30 metros (10 x 30 metros: *all out*) também apresentaram alterações ($p < .05$) na VFC (RR, SDNN, RMSSD, PNN50%, LF, HF e LF/HF). O TI pode ser um opção estratégica para melhora da VFC, pelo fato dos estímulos (em alta intensidade ou não) conseguir promover uma alta ativação simpática, provocando assim em resposta, a reação parassimpática e por isso, estabelecendo maior modulação autonômica (ALANSARE *et al.*, 2018). Em idosos, o TI (principalmente HIIT) também é um importante método no planejamento de treinamento, mostrando ser eficaz variáveis cardiovasculares, metabólicas e cardiorrespiratórias (MARRIOTT *et al.*, 2021).

Apesar da VFC ser um importante indicador de saúde para idosos (OGLIARI *et al.*, 2015), estudos investigando esta variável parece ser escassos (MARRIOTT *et al.*, 2021; SANT'ANA *et al.*, 2020). Alguns achados em idosos, não mostraram resultados significativos ($p > .05$) após intervenção de 14 semanas com TI [9 x 4 minutos (65% FC_{máx}) por 1 minuto (85% FC_{máx})] na VFC (PNN50%) (PICHOT *et al.*, 2005). Protocolos - semelhantes a desta pesquisa, porém com intensidades diferentes [6 x 4 minutos (55-60% FC_{máx}) por 1 minuto (70-75% FC_{máx}) e 6 x 4 minutos (45-50% FC_{máx}) por 1 minuto (60-65%

FC_{máx})], também não apresentaram diferenças significativas ($p > .05$) na VFC (RR, RMSSD, SDNN, LF, HF e LF/HF) após 8 semanas (SANT'ANA *et al.*, 2020). No entanto, com estes mesmos protocolos, porém em período maior (16 semanas: 32 sessões), também não houve diferenças matemáticas ($p > .05$) nos mesmos índices da VFC. Mas, na análise do delta percentual e do tamanho do efeito, sim (SANT'ANA *et al.*, 2022), o que clinicamente possui um alto potencial de consideração (PESCATELLO *et al.*, 2004). Ainda sobre a VFC, esta variável também é uma ótima ferramenta para avaliação da carga interna (SCHMITT; REGNARD; MILLET, 2015), monitorando as repercussões residuais do treinamento e evitando possíveis estresses fisiológicos (NAKAMURA *et al.*, 2015; PLEWS *et al.*, 2013).

Ainda no que tange análises das variáveis mediadoras do sistema cardiovascular, a pressão arterial (PA) possui papel importante nesta porção fisiológica do organismo. E alguns estudos mostraram que o TI pode ser uma ótima estratégia de treinamento em adultos homens e mulheres (ALANSARE *et al.*, 2018; BATAKAN *et al.*, 2017). Deste modo, mudanças significativas ($p < .05$) foram percebidas na pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) após duas semanas de treinamento (4 sessões semanais) com HIIT em adultos inativos (ALANSARE *et al.*, 2018). Por outro lado, 10 x 30 m (*all out*: com diferentes tempos de intervalos de recuperação) não promoveram ($p > .05$) efeito hipotensivo em jovens saudáveis (SANT'ANA *et al.*, 2022). Sendo este comportamento agudo, fundamental na melhora crônica da PA (PESCATELLO *et al.*, 2004). Em idosos, investigar o comportamento cardiovascular é de extrema importância, justamente por conta das alterações decorrentes do processo de envelhecimento (SANT'ANA *et al.*, 2020; SCARTONI *et al.*, 2018) e, com base nisso, pesquisas utilizando TI demonstraram importantes resultados. Tanto HIIT longo [4 x 4 minutos (90-95 FC_{máx}) por 3 minutos (60-70% FC_{máx})] quanto curto (SIT) [6 a 11 segundos (*all out*) por 30 segundos (passivo)] mostraram ser eficientes ($p < .05$) na PAS e PAD de idosos. No entanto, essa modificação positiva da pressão em idosos, parece demandar mais tempo de treinamento (SANT'ANA *et al.*, 2022), pois estudo com intervenção a curto prazo utilizando TI não apresentou ($p > .05$) diferenças significativas (SANT'ANA *et al.*, 2020). O motivo destas modificações fisiológicas em idosos serem mais lentas e resistentes aos

estímulos, são por causa das reações orgânicas estarem mais limitadas devido ao processo de envelhecimento (SANT'ANA *et al.*, 2020).

Outra variável de muita importância de avaliação cardiovascular é o duplo produto (DP), que está associado a carga de trabalho do coração ou a demanda de oxigênio, sendo considerado uma referência não-invasiva para sobrecarga cardíaca (ANSARI *et al.*, 2012), mas muito pouco é utilizado nas avaliações cardiovasculares. O DP é identificado através da fórmula: FC (bpm) X PAS (mmHg) e quanto menores os valores, melhores os níveis condicionais e também menores sobrecargas cardíacas (ANSARI *et al.*, 2012). Em idosos, a avaliação através do DP é extrema importância, visto que nesta faixa etária os efeitos deletérios decorrentes do envelhecimento, prejudica muito o desempenho cardiovascular (SCARTONI *et al.*, 2018) e estudos que aplicaram o TI, mostram que intervenções a curto prazo podem não trazer efeitos significativos (SANT'ANA *et al.*, 2020), mas por outro lado, tempo maior de treinamento com TI já indicam resultados positivos significativos (SANT'ANA *et al.*, 2022). Em jovens e adultos, até a presente escrita, nenhum estudo foi encontrado para explorarmos as informações sobre o comportamento do DP decorrente do TI nesta população. Uma outra variável fisiológica importante é a FC, que não só é importante para controle e monitoramento da intensidade (SCHNEIDER *et al.*, 2018), como também possui papel importante no sistema cardiovascular, sendo um dos principais indicadores do nível condicional deste sistema (HAUTALA; KIVINIEMI; TULPPO, 2009). Estudos utilizando o TI demonstraram redução ($p < .05$) desta variável em repouso de jovens (BATAKAN *et al.*, 2017) e idosos (MOLMEN *et al.*, 2012). Além do mais, a FC pode ser um importante forma de avaliação do sistema nervoso autônomo, sendo indicadora do nível de capacidade da reativação parassimpática (CUNHA *et al.*, 2015). Este tipo de avaliação é comumente realizada, através do comportamento da FC na fase recuperativa pós esforço (DUPUY *et al.*, 2022) e possui relevante confiabilidade de aplicação (COLE *et al.*, 2000). Assim, quanto maior for a capacidade de reativação parassimpática, maior é o balanço autônomo (simpático vs parassimpático) e, o TI (principalmente a variação com o HIIT) pode ser um positivo aliado interventivo para esta promoção (ALANSARE *et al.*, 2018).

Além de tudo, a FC também é uma maneira eficiente e acessível para monitoramento da carga de treinamento (SCHNEIDER *et al.*, 2018), tendo relevância em aspectos da saúde e do desempenho físico (SANT'ANA; BARA-FILHO; VIANNA, 2021). Por fim, muito utilizado nos estudos, porém com o intuito de monitoramento, a percepção do esforço (PE) tem seu papel importante no controle de estímulos (BORG, 1982; UTTER *et al.*, 2004). E no TI, a PE além de ser importante no ajuste das intensidades, demonstra ser relevante como parâmetros de melhoras condicionais após intervenções com este método (KILPATRICK; GREELEY; COLLINS, 2015; KILPATRICK; JUNG; LITTLE, 2014). Adicionalmente, a PE também é muito bem aceita para acompanhar a carga de treinamento e evitar possíveis estresses fisiológicos (FOSTER *et al.*, 2001), afetando saúde e desempenho (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010). Sabemos que outros comportamentos perceptivos são importantes nas análises frente ao treinamento com exercício físico, principalmente com TI. Mas, o presente trabalho limitou-se as variáveis supracitadas com intuito de seguir um delineamento metodológico.

Treinamento Intervalado: Mecanismos centrais, periféricos e bioquímicos

O TI (com suas variações), é capaz de promover alterações fisiológicas importantes para a melhora da saúde e/ou desempenho. E alguns motivos, são explicados pela a capacidade deste método interferir na fisiologia de maneira ampla (LAURSEN; JENKINS, 2002). Por exemplo, o TI pode aumentar débito cardíaco, volume sistólico, volume sanguíneo e VO_{2max} (MACINNIS; GIBALA, 2017). Estas alterações podem ser acometidas tanto para jovens (SANT'ANA *et al.*, 2022) quanto para idosos (SANT'ANA *et al.*, 2020). Deste modo, ganhos na eficiência cardiopulmonar estão diretamente ligada com o aumento da saúde e no desempenho, para diferentes idades (ASTORINO *et al.*, 2017; POON *et al.*, 2021).

Adicionalmente, as alterações intramusculares também podem ser acometidas com a intervenção do TI. Estudos reforçam que a intensidade do exercício possui papel importante na promoção das adaptações fisiológicas musculoesqueléticas, sendo estas relacionadas ao metabolismo intramuscular (GIBALA *et al.*, 2006), com aumento da capacidade de

tamponamento, aumento do conteúdo proteico e da capacidade de oxidação (GIBALA, M.J.; MCGEE, 2008). No entanto, estas adaptações também estão relacionadas ao processo celular que pode se tornar mais eficiente decorrente da intervenção com o TI, através da biogênese (criação de novas células) e/ou densidade mitocondrial (aumento eficiência da célula já existente), além do comportamento fibrilar (MACINNIS *et al.*, 2017; MACINNIS; GIBALA, 2017). Estas mudanças, são devidas a um aumento da capacidade de ativação do fator de coativador mitocondrial PGC1 α (*Peroxisome Proliferator-Activated Receptor γ Co-Activator 1 α*) e de seu fator de transcrição (*TFam: Mitochondrial Transcription Factor*) estes, responsáveis por gerar novas células (biogênese mitocondrial) e/ou maior eficiência desta estrutura celular (densidade mitocondrial) (LITTLE *et al.*, 2010).

Outro mecanismo importante a ser discutido com relação ao TI, é o metabolismo. O componente anaeróbio (BILLAT, V.L., 2001a) e aeróbio (BILLAT, V.L., 2001b) são determinante nas funções gerais do organismos e determinam (dentre outras) a capacidade cardiorrespiratória e cardiometabólica (GIBALA, MARTIN J.; GILLEN; PERCIVAL, 2014). Além disso, o TI pode ser eficaz na promoção da integração metabólica, que se explica na capacidade do organismo ter a participação equilibrada entre o componente aeróbio e anaeróbio (BURGOMASTER *et al.*, 2005; BURGOMASTER; HEIGENHAUSER; GIBALA, 2006). Contudo, este mecanismo metabólico frente ao TI pode ser determinando na minimização da redução do desempenho em intensidades elevadas, pois o nível de integração metabólica auxilia na manutenção do sistema bioenergético muscular, em especial na ressíntese do ATP (GAITANOS *et al.*, 1993; GLAISTER, M., 2005).

Presente estudo: lacunas do conhecimento, hipóteses e objetivos

É sabido que o TI possui relevante papel na prescrição do treinamento físico, seja este para a saúde e/ou para a performance (ATAKAN *et al.*, 2021; LAURSEN; JENKINS, 2002). No entanto, algumas situações devem ser consideradas para permitir a entrega de informações sólidas com relação ao TI e suas variações. Muito se conhece sobre a importância dos tipos de protocolos (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013b, a), comportamento

bioenergético (BILLAT, 2001b, a; BURGOMASTER, K.A.; HEIGENHAUSER; GIBALA, 2006; BURGOMASTER *et al.*, 2005) e estratégias de recuperação (GIBSON *et al.*, 2017; SÁNCHEZ-OTERO *et al.*, 2022) nas respostas fisiológicas e de desempenho (FENNELL; HOPKER, 2021; FRANCHINI; CORMACK; TAKITO, 2019) com diferentes características amostrais, assim sendo jovens (LOTURCO *et al.*, 2016), adultos (GERMANO *et al.*, 2022), idosos (ADAMSON *et al.*, 2019) e atletas (ENGEL *et al.*, 2018). No entanto, existe uma necessidade de mais estudos explorando estas vertentes com relação ao TI no sentido de oferecer mais respostas sobre aspectos metodológicos e de responsividade, principalmente explorando diferentes protocolos e variáveis de prescrição, sendo: tipo de protocolo (Ex: de alta intensidade ou não, curto ou longo), tempo e/ou tipo (ativa, passiva ou auto selecionado) de recuperação, intensidade de estímulo e de recuperação, frequência semanal e período de intervenção (aguda ou crônica). Pouco se sabe sobre a dose resposta do TI nas respostas fisiológicas (PARMAR; JONES; HAYES, 2021) e metabólicas (DALLECK *et al.*, 2010). Assim, estudos explorando variações de protocolos do TI são importantes, para que se possa ter novos parâmetros para distinguir a estratégia mais adequada (e não necessariamente a melhor) para tal amostra. Considerando que o TI possui uma grande aceitação em prescrições para diferentes objetivos e indivíduos, julgamos que este há uma necessidade contínua na entrega de informações sobre a condução técnica deste método para diferentes públicos. Com isso, o presente trabalho teve como objetivos verificar as diferentes variações, protocolos e períodos do treinamento intervalado nas respostas fisiológicas, perceptivas e do desempenho com distintas características amostrais (jovens, atletas e idosos: homens e mulheres). Além de pesquisas de campo, foi também realizado uma revisão sistemática com foco no público idoso.

Nossas hipóteses foi que através da intervenção com o TI, conseguíssemos atingir respostas importantes em variáveis fisiológicas, perceptivas e do desempenho. Em específico, que diferentes tempos e tipos de recuperação entre estímulos de alta intensidade pudesse oferecer respostas positivas no desempenho (BALSOM *et al.*, 1992; GAITANOS *et al.*, 1993; GLAISTER *et al.*, 2005), nos componente metabólicos (GLAISTER *et al.*, 2005),

hemodinâmicos (BATAKAN *et al.*, 2017), autonômicos (PERKINS *et al.*, 2017) e percepção do esforço (BILLAUT *et al.*, 2011) em jovens saudáveis (atletas ou não). Em idosos, nossas investigações concentraram na função cardiorrespiratória, sendo sistemas que sofrem reduções significativas em suas eficiências devido o processo de envelhecimento (OGLIARI *et al.*, 2015). Assim, nossas hipóteses seria que diferentes protocolos do TI pudesse refletir respostas positivas hemodinâmicas (ADAMSON *et al.*, 2019; LEPRETRE *et al.*, 2009), autonômicas (PICHOT *et al.*, 2005) e respiratórias (POON *et al.*, 2021).

Para o desenvolvimento dos estudos, em relação as variáveis dependentes, para a avaliação do desempenho considerando o tempo e a velocidade para realização da distância do estímulo. A avaliação hemodinâmica pela a pressão arterial (sistólica, diastólica e média), frequência cardíaca de repouso e duplo produto. E a avaliação autonômica avaliando a variabilidade da frequência cardíaca e atividade barorreflexa. Por fim, a avaliação metabólica através da análise do comportamento do lactato e a função cardiorrespiratória pelo teste estimado do VO_{2max} .

Sendo assim, estas variáveis foram divididas em diferentes investigações utilizando diferentes protocolos e variações do TI. A tese foi constituída de seis estudos sendo apresentada da seguinte forma: (a) Diferentes tempos de recuperação (estudos I e II: em jovens e atletas homens), (b) diferentes períodos de intervenção e protocolos (estudos III, IV e V: em idosos homens e mulheres) e, (c) diferentes tipos de recuperação (estudo VI: em jovens homens e mulheres).

1. ESTUDO I

Efeitos agudos de diferentes intervalos de recuperação entre *sprint* sobre a pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca, lactato e respostas de desempenho em homens fisicamente ativos

Este estudo passou pelo processo de revisão por pares e foi publicado no *The Open Sports Sciences Journal* (APÊNDICE A).

Qualis: B1 **Fator de Impacto:** 0,5

1.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

Verificar as respostas de diferentes intervalos entre os sprints na pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca, lactato e respostas de desempenho em homens fisicamente ativos.

1.2. MÉTODOS

1.2.1. Participantes

Dez homens participaram do estudo (Tabela 1), treinados em corrida de rua com pelo menos um ano de experiência e um máximo de 3 anos, com frequência de treinamento de pelo menos duas vezes e no máximo quatro vezes por semana. Os critérios de exclusão foram: o uso de drogas e/ou ergogênicos recursos que poderiam influenciar os resultados esperados (controle da pressão arterial, beta-bloqueadores, entre outros relacionados ao controle cardiovascular, estimuladores de desempenho, entre outros) e nenhum histórico de distúrbios músculo-esqueléticos que poderiam comprometer as intervenções. Todos os participantes eram experientes em corrida de rua e com níveis ótimos da técnica de mecânica exigida da modalidade. Mas, todos foram submetidos a uma avaliação biomecânica para analisar a técnica e assim minimizar o risco de viés na intervenção. As medidas antropométricas dos participantes (peso, altura e percentual de gordura) foram realizadas usando um aparelho de bioimpedância (segundo todos os protocolos anteriores um dispositivo de avaliação) (InBody[®], modelo H20), sendo esta avaliação feita pelo mesmo pesquisador. Em seguida, o

índice de massa corporal (IMC) foi calculado usando a fórmula: peso / altura². Todos os participantes também receberam uma recomendação de não comer alimentos que poderia interferir nas respostas cardiovasculares (excesso do consumo de sal, cafeína, álcool, alimentos com alto teor calórico, entre outros). No entanto, todos os alimentos e hidratação durante o período de intervenção foram orientadas para todos os participantes. Neste de forma a minimizar possíveis influências (negativas) na nutrição e as respostas das variáveis investigadas. Depois de explicar os riscos e benefícios da pesquisa, os sujeitos completaram o Questionário de Prontidão de Atividade (PAR-Q). Eles assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido sob a Resolução 466 de 2012 de Conselho Nacional de Saúde (BRASIL), 2016 e resolução Helsinki's. O estudo foi aprovado pelo Conselho local de Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Católica de Petrópolis, sob o registro: CAAE: 59449822.2.0000.5281

Tabela 1. Características antropométricas dos participantes.

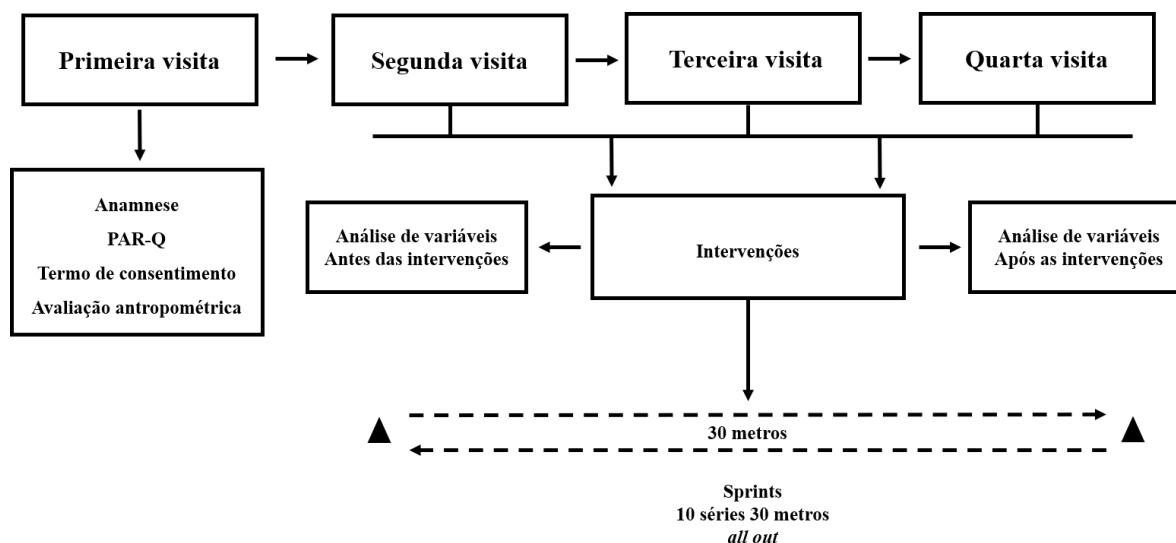
Variáveis	Participantes
Idade (anos)	26 ± 3,3
Peso (kg)	74,6 ± 11,1
Altura (m)	1,74 ± 0,03
IMC (kg / m ²)	24,4 ± 3,3

1.2.2. Desenho experimental

Foi utilizado um desenho cego, randomizado (método do quadrado latino) e contrabalançado. Participantes visitaram o laboratório em quatro ocasiões durante dez dias consecutivos, com um intervalo de 48 horas entre cada visita (Figura 1). A primeira visita foi para familiarizar os participantes com todos os procedimentos experimentais, tais como como anamnese, medição antropométrica, leitura e preenchimento do Questionário de Prontidão

para Atividade Física (PAR-Q) e Consentimento Livre e Esclarecido. As três visitas restantes foram para a realização dos protocolos experimentais. A cada visita, valores de repouso da pressão arterial (PA), variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e lactato foram coletadas. O mesmo pesquisador realizou as análises de PA, VFC e lactato. A análise de desempenho foi realizada por três pesquisadores, sendo os mesmos para todas as investigações. Assim, o nível de confiança na verificação dos dados coletados foi mantido. Após as coletas de repouso, cada participante completou as seguintes condições experimentais: a) 10 séries de *sprints (all out)* de 30 metros com 20 segundos de recuperação (S_{20}), b) 10 séries de *sprints (all out)* de 30 metros com 30 segundos de recuperação (S_{30}) e c) 10 séries de *sprints (all out)* de 30 metros com 40 segundos de recuperação (S_{40}). Após cada protocolo, o lactato foi coletado 2 minutos e 30 segundos após o final do sprints, a PA foi coletada 60 minutos após uma intervenção (pos-10, pos-20, pos-30, pos-40, pos-50 e pos-60º minuto) e VFC foi coletada entre 50º e 60º minuto após o final de cada sessão. Durante todo o período de intervenção, os participantes foram instruídos a não realizar nenhum exercício físico, apenas as sessões de *sprints* do presente estudo.

Figura 1. Fluxograma do procedimento experimental.



1.2.3. Protocolos de treinamento

Antes de realizar os protocolos, os participantes completaram um aquecimento de 20 minutos na bicicleta ergométrica (Movement - modelo LXU G4) a uma intensidade entre 40 e 60% da frequência cardíaca de reserva. Em seguida, foi realizado alongamentos para a parte inferior do corpo (coxa e panturrilha) e paravertebrais. As intervenções consistiram em dez séries de *sprints* (*all-out*) de 30 metros. Com base na literatura (ENGEL *et al.*, 2018), esta intervenção se caracterizou por sessões RST. Foi determinado três condições: 10 séries com *sprints* de 30 metros (*all-out*) com 20 segundos de recuperação (S_{20}), 10 séries com *sprints* de 30 metros (*all-out*) com 30 segundos de recuperação (S_{30}) e 10 séries com *sprints* de 30 metros (*all-out*) com 40 segundos de recuperação (S_{40}). Os participantes foram familiarizados com o tipo de intensidade a ser imposta aos sprints, sendo estritamente orientado para aplicar o máximo de velocidade possível, caracterizando assim a intensidade total (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013b). Para a realização destas condições, foi realizado um sorteio. O sprints foram realizados em uma superfície natural, plana, livre de obstáculos que poderiam afetar o desempenho do participante. A foi utilizado um dispositivo digital de medição a laser (40 metros de capacidade) para a determinação da distância da rota, com um cálculo de área da marca Fort G Pro[®], modelo FG026[™], devidamente calibrado.

1.2.4. Análises das variáveis cardiovasculares e autonômicas

Para a análise das variáveis cardiovasculares e autonômicas, foram adotados valores da PA e VFC, respectivamente. Em repouso, ambas as variáveis foram coletadas durante 10 minutos com os indivíduos posicionados na posição sentado (SCHNEIDER *et al.*, 2018). Após intervenções, a PA foi analisada imediatamente ao final dos sprints e durante 60 minutos em momentos com um intervalo de 10 minutos (10°, 20°, 30°, 40°, 40°, 50° e 60° minuto). Duas medidas foram feitas com um minuto intervalo, ao final do 8° e 9° minutos para cada intervalo de 10 minutos. Após as duas medidas, a média foi calculada e, portanto, os valores de pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) para cada momento foram determinados. Após a seleção dos dados de PA, a pressão arterial média (PAM) foi calculado usando a fórmula $PAM = PAS + (PAD \times 2) \div 3$. Para análise da PA, um dispositivo

oscilômetro digital da marca OMRON M6 (HEM-7001- E)[®] (TOPOUCHIAN *et al.*, 2006) foi utilizado.

Após os sprints, a análise da VFC também foi realizada por 10 minutos entre os momentos 50 e 60 minutos após as intervenções. O objetivo da análise neste período foi reduzir o viés de alta ativação simpática devido à alta intensidade realizada nos sprints e, também, identificar a capacidade de reativação parassimpática 50 minutos depois de uma sessão de *sprints (all-out)* com diferentes intervalos de recuperação. A análise da VFC foi realizada em um intervalo de 5 minutos (300 segundos), considerando dos 10 minutos de análise, o período de pós-estabilização período (5 minutos finais) (NAKAMURA *et al.*, 2015). A média dos índices do domínio do tempo (RR, RMSSD, SDNN e PNN50%) e a frequência (LF, HF e LF / HF) foram calculados (GEUS *et al.*, 2019; TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY, 1996).

No domínio do tempo: RR normal (tempo entre batimentos cardíacos) e, posteriormente, com base em métodos estatísticos ou geométricos (média, desvio padrão e índices derivados de o histograma ou o mapa de coordenadas cartesianas de intervalos RR), os índices tradutores de flutuações na duração dos ciclos cardíacos foram calculados, sendo o RMSSD (A raiz quadrada da média da soma dos quadrados de diferenças entre os intervalos RR adjacentes, expresso em ms), o SDNN (desvio padrão de todos os intervalos RR normais registrados em um intervalo de tempo, expresso em ms) e o PNN50% (representa o porcentagem de intervalos RR adjacentes com uma diferença em duração mais significativa do que 50 ms). O RMSSD e o PNN50% representam a atividade parassimpática. O SDNN representa uma atividade simpática e parassimpática, mas não distingue as mudanças em VFC devido a um aumento do tônus simpática ou retirada do tônus vagal (VANDERLEI *et al.*, 2009).

Para VFC no domínio da frequência, componentes de baixa frequência (*Low Frequency* - LF), que foram utilizados correspondem ao parassimpático e simpático autônomo ação conjunta do sistema nervoso, com predomínio do simpático. A alta frequência (*High Frequency* - HF) corresponde a modulação respiratória e representa a

ativação do nervo vago. Finalmente, utilizamos a relação LF / HF, que mesmo com limitações ao seu uso na modulação autonômica (BILLMAN, 2013), pode indicar equilíbrio simpático-vagal (LABORDE; MOSLEY; THAYER, 2017). O Polar RS800CX (modelo Multisport™), Kempele, Finlândia® (QUINTANA *et al.*, 2012) foi usado para coletar a VFC. Para o tratamento da VFC, os dados foram transferidos para um computador e anexado ao Polar Trainer 5 Software®. Os procedimentos de correção de todos os dados foram realizados nesta plataforma e posteriormente arquivada em formato TXT para começar o tratamento no Kubios HRV Standart Software, versão 3.3.1.

1.2.4. Análise do lactato

A análise do lactato foi realizada no *baseline* e 2 minutos e 30 segundos após as intervenções de *sprints* (ROBERGS, 2001). Um dispositivo portátil da marca Accutrend™ Plus modelo Roche®, foi utilizado para coleta de sangue capilar, com uma lanceta descartável específica para esta análise, modelo Accu-Chek -T- Safe™ marca Pro Uno Roche® e tiras descartáveis modelo Accusport BM Lactate™ da Roche®. A coletas foram sempre realizadas no dedo indicador (sem determinação de lateralidade) e antes da perfuração, os indivíduos foram esterilizados, utilizando gases e álcool hospitalar (70%). As análises de lactato foram realizadas pelo mesmo pesquisador, treinado, usando luvas descartáveis e máscaras.

1.2.5. Análise do desempenho

Os participantes realizaram dez séries de *sprints* (*all-out*) de 30 metros com diferentes intervalos de recuperação (20, 30, e 40 segundos inter estímulos). Para realizar a intervenção, três os pesquisadores conduziram a aplicabilidade da atividade. Destes, um pesquisador foi responsável pelo início dos *sprints* para o participante. Para esta ação, uma contagem regressiva de 5 segundos, seguido da palavra "vai" (5,4,3,2,1, vai) foi sinalizada antes de cada estímulo. Este o mesmo pesquisador foi responsável pelo monitoramento das inter-séries recuperação. O tempo dos sprints de cada participante foram medidos e, dois pesquisadores foram necessários. Esses pesquisadores foram posicionados um em cada

extremidade da rota (30 metros), ambos com um cronômetro que liberaram a contagem após a contagem regressiva para o sprint, que foi desencadeada sendo estritamente sincronizado.

Da mesma forma, a atividade foi realizada quando o participante passou a marca dos 30 metros terminando o sprint. Ambos os pesquisadores bloquearam os temporizadores simultaneamente. Cada pesquisador anotou o tempo em uma planilha e depois reiniciaram o dispositivo. Participantes utilizaram sempre a mesma rota, com todos os *sprints* realizados na direção de ida e volta. Foram colocados um espaço de 15 metros após a marca para ambas as extremidades do percurso do *sprint*, com este incremento sendo usado para desaceleração pós *sprint*. O desempenho de cada sprint foi obtido a partir do cálculo da média dos dois tempos coletados. Três dispositivos com um cronômetro da marca Garmin[®], modelo Forerunners 920 XT[™], foram utilizados para estas medidas e controles. Para ajustar a intensidade em cada sprint, foi utilizada a escala de percepção de esforço (PE), com uma pontuação de 0 (descanso) a 10 (exaustivo) (BORG, 1982).

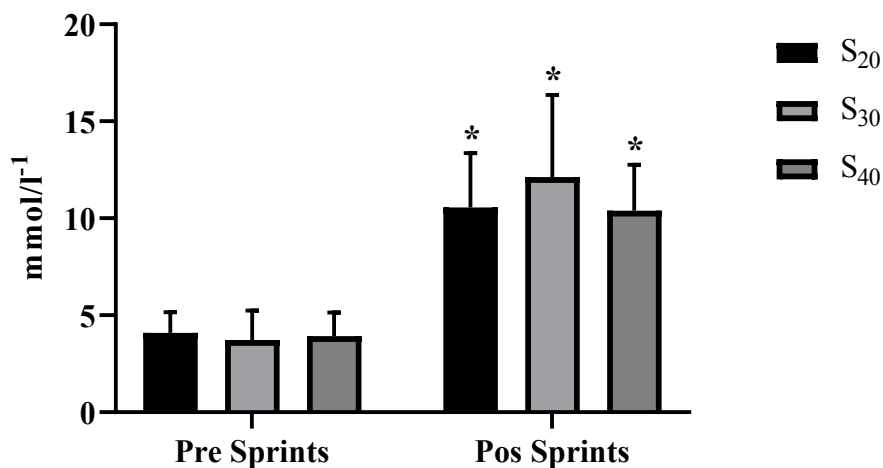
1.2.6. Análise estatística

A normalidade de todos os dados foi analisada e confirmada pelo teste Shapiro Wilk. O teste ANOVA (bidirecional) foi conduzido para medidas repetidas para as análises pré e pós intervenção, intra e inter condições para todas as variáveis. Para comparações múltiplas, o teste de Tukey foi usado quando necessário. Para o potencial da análise estatística, um nível de significância de 5% ($p < .05$) foi aplicado e para realizar todos os procedimentos analíticos o software Graph Prism, versão 8.0.1 foi utilizado. Para calcular o tamanho da amostra, o software GPower 3.1 foi utilizado, tendo um tamanho de efeito de 0.75 e uma potência de 0.95.

1.3. RESULTADOS

As diferenças significativas no comportamento do lactato (Fig. 2) foram observadas ao comparar os momentos pré e pós em todas as condições experimentais (S₂₀, S₃₀, e S₄₀) ($p < .001$). Entretanto, não houve diferenças significativas entre os protocolos observado para as condições experimentais, sendo S₂₀ vs. S₃₀ ($p = .711$), S₂₀ vs. S₄₀ ($p > .999$), e S₃₀ vs. S₄₀ ($p = .621$).

Figura 2. Comportamento no pré e pós *sprints* do lactato, para todas as condições.

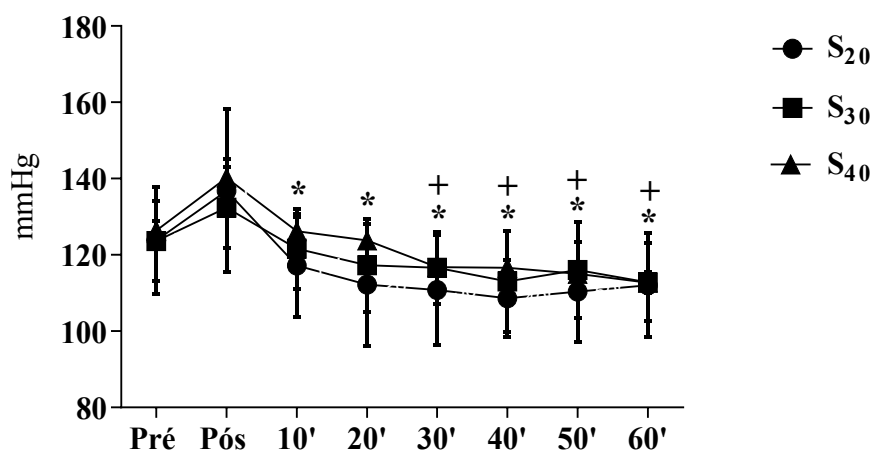


* Diferença significativa na comparação com o momento pré ($p < .05$).

As comparações para PA foram realizadas para verificar possíveis efeitos hipotensivos. No momento pós, foi feita uma comparação entre as condições para analisar uma possível capacidade parassimpática de retorno. Nenhuma diferença estatística foi observada na PAS (Figura 3) para as condições S₂₀ ($p = .742$), S₃₀ ($p = .994$) e S₄₀ ($p = .634$) (Figura 3). Efeitos similares foram observados na PAD (Figura 4) para as condições S₂₀ ($p > .999$), S₃₀ ($p = .996$) e S₄₀ ($p > .999$) e PAM (Figura 5) para condições S₂₀ ($p = .997$), S₃₀ ($p > .999$) e S₄₀ ($p = .963$). No momento pós intra condições, baseadas no momento pós-imediato foram observadas diferenças significativas ($p < .05$) para a condição S₂₀ para todos os tempos de verificação (10°, 20°, 30°, 40°, 50°, e 60° minuto). Também foram observadas

diferenças ($p < .05$) na condição S_{40} de 30 minutos até o final da análise (60° minuto). Nenhuma diferença foi encontrada para S_{30} ($p > .05$). Estas constatações sugerem que S_{20} e S_{40} podem promover maior capacidade para reativação parassimpática após esforço, sendo que o S_{20} foi superior no potencial de ação reguladora hemodinâmica. Para PAM, na comparação pós, apenas para S_{40} foi observada uma diferença significativa, nos momentos 50° ($p = .040$) e 60° ($p = .007$) minuto.

Figura 3. Comportamento da pressão arterial sistólica, para todas as condições.



* Diferença significativa em relação ao momento pós, para a condição S_{20} ($p < .05$).

+ Diferença significativa em relação ao momento pós, para a condição S_{40} ($p < .05$).

Figura 4. Comportamento da pressão arterial diastólica, para todas as condições.

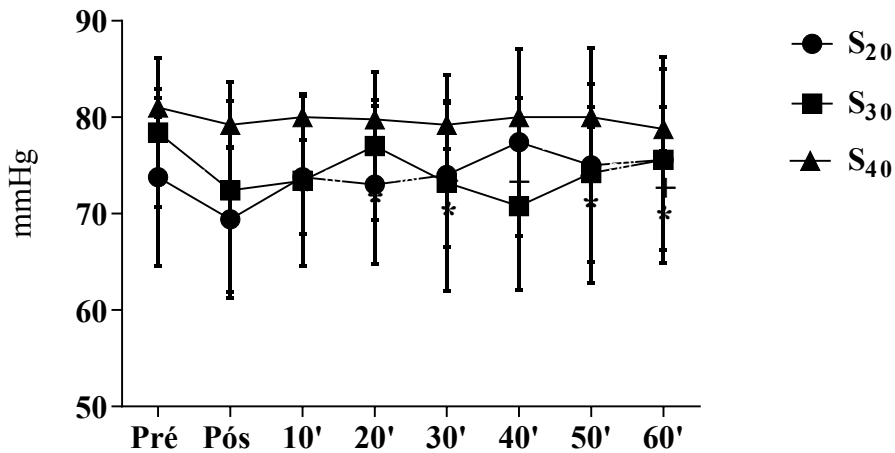
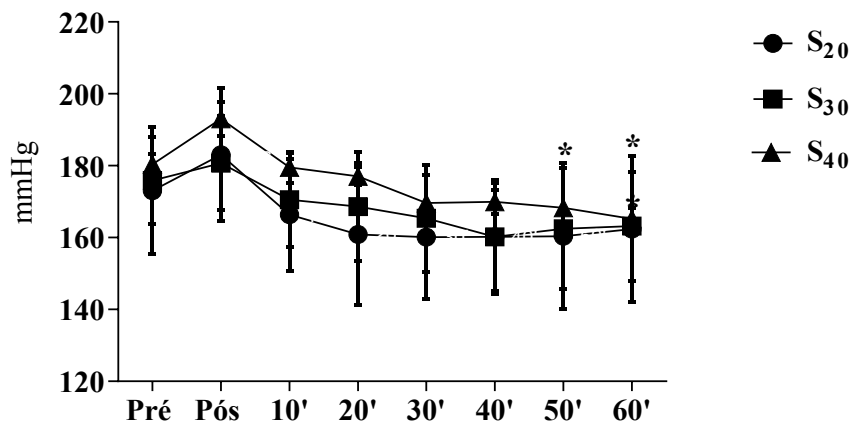


Figura 5. Comportamento da pressão arterial média, para todas as condições.



* Diferença significativa em relação ao momento pós, para a condição S₄₀ ($p < .05$).

Com relação a VFC, nenhuma diferença significativa foi observada nos índices de domínio do tempo (Figura 6) para RR ($p = .729$, $p = .996$ e $p = .551$ para S₂₀, S₃₀ e S₄₀, respectivamente), SDNN ($p = .408$, $p = .986$ e $p = .140$ para S₂₀, S₃₀ e S₄₀, respectivamente), RMSSD ($p = .235$, $p = .916$ e $p = .141$, para S₂₀, S₃₀ e S₄₀, respectivamente) e PNN50% ($p = .197$, $p = .909$ e $p = .276$ para S₂₀, S₃₀ e S₄₀, respectivamente). Da mesma forma, não houve diferenças significativas nos índices de domínio de frequência (Figura 7) para LF ($p = .473$, $p = .473$, $p = .473$ para S₂₀, S₃₀ e S₄₀, respectivamente).

=.590 e $p=.921$ para S_{20} , S_{30} e S_{40} , respectivamente), HF ($p=.475$, $p=.603$ e $p=.923$, S_{20} , S_{30} e S_{40} , respectivamente) e LF / HF ($p=.455$, $p=.996$ e $p=.994$ para S_{20} , S_{30} e S_{40} , respectivamente).

Figura 6. Variabilidade da frequência cardíaca, no domínio do tempo, para todas as condições

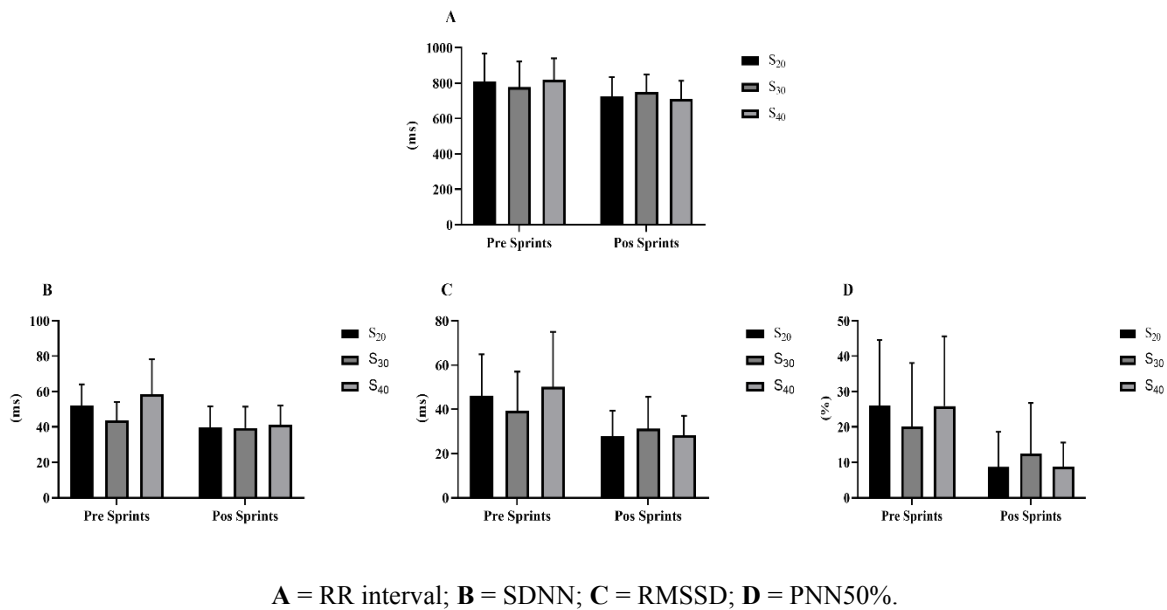
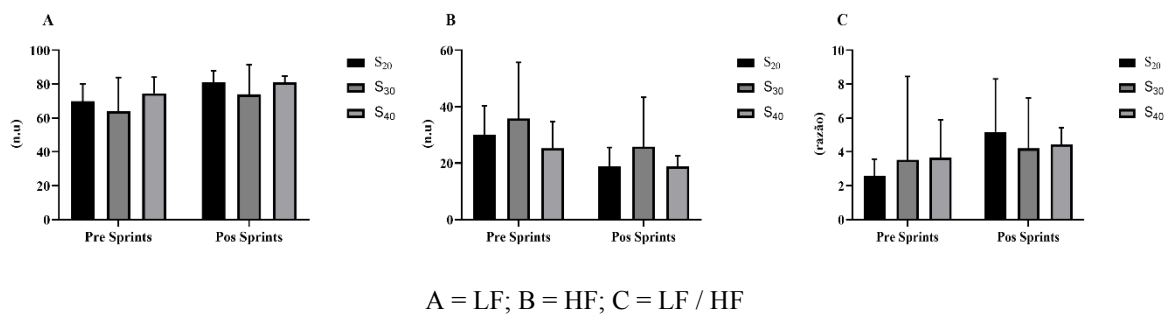
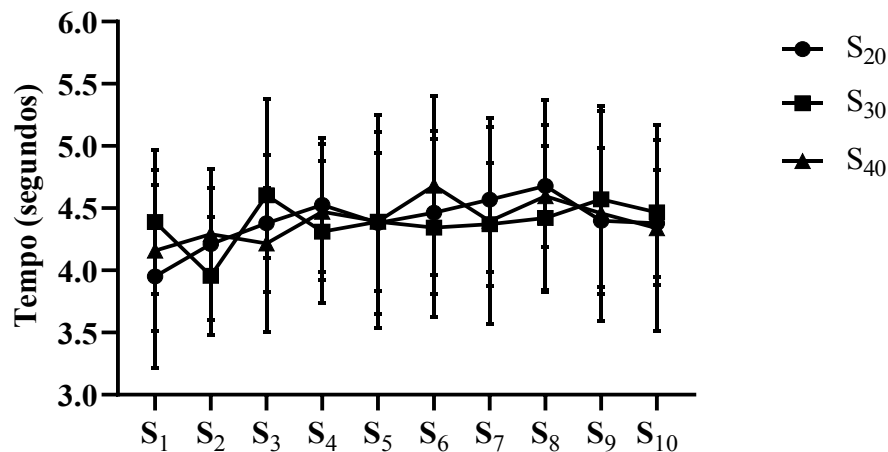


Figura 7. Variabilidade da frequência cardíaca, no domínio da frequência, para todas as condições



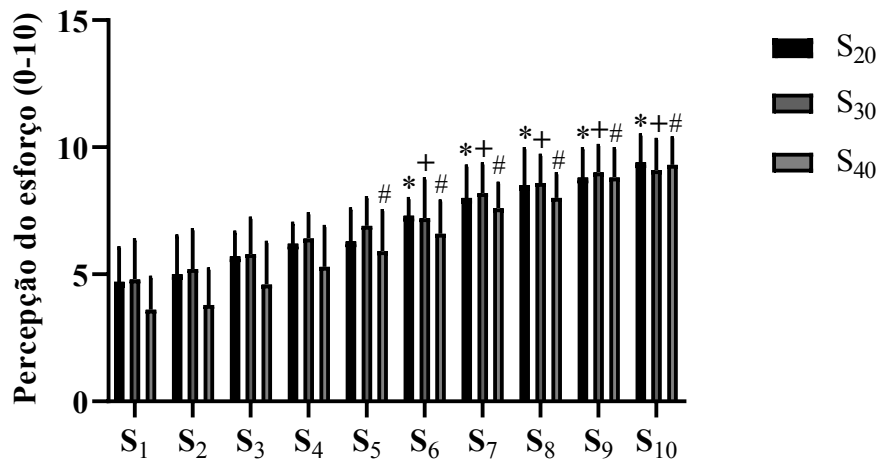
Em relação ao desempenho entre *sprints* (Figura 8), foram realizadas comparações intra condições (entre todos os sprints da mesma condição) e inter condições (para o mesmo momento das condições, ex: 1º sprint S₂₀ versus 1º S₃₀ versus 1º S₄₀, sucessivamente). Entretanto, nenhuma diferença significativa entre os momentos utilizados para comparações foi encontrada ($p = .979$).

Figura 8. Análise de desempenho nos sprints, para todas as condições



A PE (0-10) foi aplicada após cada sprint para todas as condições (Figura 9). Para S₂₀ e S₃₀, diferenças significativas foram observadas a partir do sexto sprint ($p = .002$ e $p = .008$), respectivamente). No S₄₀, as diferenças significativas a partir do quinto sprint ($p = .016$). Em relação às comparações inter condições, foram realizadas entre os mesmos sprints de cada condição, mas não foi encontrada diferença significativa ($p > .05$).

Figura 9. Percepção do esforço nos sprints, para todas as condições.



* Diferença significativa na comparação com o primeiro sprint, para a condição S₂₀ ($p < .05$).

+ Diferença significativa na comparação com o primeiro sprint, para a condição S₃₀ ($p < .05$).

Diferença significativa na comparação com o primeiro sprint, para a condição S₄₀ ($p < .05$).

1.4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos agudos de diferentes intervalos (20, 30, e 40 segundos) entre os sprints (10 x 30 metros) nas respostas da PA, VFC, lactato e de desempenho em indivíduos do sexo masculino fisicamente ativos. Normalmente, há um padrão de tempo de recuperação (parcial ou completo) para diferentes variações de intervalo de alta intensidade que pode ser de 2 a 4 minutos (passivo ou ativo) para SIT, até 1 minuto (passivo ou ativo) para RST e 1 minuto ou mais (passivo ou ativo) para HIIT (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013b). No entanto, o presente o estudo optou por delinear protocolos com pequenos tempos de estímulos e pausas, exigindo assim uma demanda ainda mais intensa em respostas fisiológicas e mecânicas (BALSOM *et al.*, 1992; LAURSEN; JENKINS, 2002). Os resultados desta pesquisa sugerem que intervalos diferentes (abaixo de 1 minuto) não são significativos em variáveis como PA, VFC, lactato e desempenho. Entretanto, estudos que podem reforçar estes resultados são escassos, tornando uma lacuna de conhecimento sobre o intervalo de recuperação entre os sprints.

Na avaliação hemodinâmica, a PAS e a PAD foram analisadas pré e pós sprints (por 60 minutos) e PAM foi calculado para os mesmos momentos. O objetivo era ver se sprints com diferentes intervalos causariam um possível efeito hipotensivo. Entretanto, não foi encontrada nenhuma diferença significativa na comparação entre os momentos pós (todos os tempos) e *baseline* para S₂₀ ($p=.742$), S₃₀ ($p=.994$), e S₄₀ ($p=.634$). Mas ainda assim, como comparação de efeito, uma análise foi realizada apenas nas condições pós intra condições com base no momento pós-imediato e foram observadas diferenças significativas ($p<.05$) para a condição S₂₀ para todos os tempos de verificação (10°, 20°, 30°, 40°, 50° e 60° minuto). Também foram observadas diferenças ($p<.05$) na condição S₄₀ do 30° minuto até o final da análise (60 minutos). Nenhuma diferença foi encontrada para S₃₀ ($p>.05$). Estas descobertas sugerem que os S₂₀ e S₄₀ promoveram uma reativação parassimpática mais elevada após o esforço, sendo o S₂₀ superior em um possível potencial de ação regulatória hemodinâmica. Para PAM, no momento pós, apenas para o S₄₀, foi observada uma diferença significativa, nos momentos 50° ($p=.040$) e 60° ($p=.007$) minuto. Estes achados corroboram com outros autores (BONSU; TERBLANCHE, 2016) que também não observaram efeitos hipotensivos após sessões agudas de HIIT. E foi visto que, neste estudo, a característica de TI foram distintas, mas também com intensidades elevadas.

Além disso, o estudo demonstrou que o HIIT não promove alterações significativas na PAS e PAD (BATAKAN *et al.*, 2017). No entanto, parece que para este tipo de intervenção, incluindo os sprints, as respostas hemodinâmicas são afetadas nas análises crônicas. Gliemann *et al.* (2015) após oito semanas de treinamento utilizando o protocolo de alta intensidade 30-20-10 (GUNNARSSON; BANGSBO, 2012), observaram reduções significativas na PAS para indivíduos normotensos. E PAS e PAD para pacientes hipertensos. No entanto, estudos que utilizaram sprints (especificamente RST) em respostas hemodinâmicas são escassos, tornando difícil chegar a conclusões sobre os resultados do presente estudo. Os possíveis mecanismos envolvidos nas respostas da PA após a intervenção do sprint podem estar relacionados à intensidade dos estímulos (*all-out*) que oferecem um aumento de velocidade do fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, aumento dos níveis de

óxido nítrico nas estruturas endoteliais (PAL; RADAVELLI-BAGATINI; HO, 2013). Com o aumento de óxido nítrico endotelial, há uma melhora na capacidade de vasodilatação, resultando em uma maior eficiência de vascularização, o que aumenta a conformidade periférica e, como um produto final, a redução da PA (GREEN *et al.*, 2004)

Em relação à avaliação autônoma, a VFC foi utilizada para esta análise. Não foram encontradas diferenças significativas ($p > .05$) para as condições aplicadas (S₂₀, S₃₀ e S₄₀). Devido à alta ativação simpática entre os exercícios, a medição pós-esforço foi realizada 50 minutos após o final da sessão de sprint. As respostas não apresentaram diferenças estatísticas significativas intra e inter-condições. Esta especulação está de acordo com as conclusões do estudo de Cal Abad *et al.* (2019) que encontrou uma taxa muito alta de ação simpática (identificada por o baixo valor do índice lnRMSSD) imediatamente após realizando uma repetida sessão de teste de habilidade em sprint (6 x *sprints* de 40 m com 20 s de recuperação passiva). No entanto, esses autores encontraram uma significativa recuperação parassimpática (lnRMSSD) ($p < .05$) após 1 e 2 horas no final dos sprints, sendo estes resultados diferentes do presente estudo. Cronicamente, parece que a intervenção do sprint pode ser uma excelente opção para melhorar a função autonômica (SOUSA *et al.*, 2018). No entanto, como o presente estudo foi realizado de forma aguda, as declarações para tais especulações são inconclusivas.

Os mecanismos que podem influenciar na VFC como resultado da intervenção do sprint é que a alta intensidade pode aumentar a capacidade contrátil do coração e, como resultado, há uma melhor diástole e conseqüentemente em força sistólica cardíaca, independentemente de influências neuro-hormonais (eletroquímicas) (KEMI *et al.*, 2005). Outro impacto é que a intervenção com sprints ou outra característica da TI de alta intensidade, pode acometer uma modulação da concentração de cálcio (CA⁺) nos cardiomiócitos e esta melhora na liberação e a readaptação de CA⁺ promove a eficiência cardíaca, facilitando a entrada e saída de sangue no coração (diastólico e volume de ejeção, respectivamente) (WISLØFF; ELLINGSEN; KEMI, 2009). Entretanto, estas mudanças estruturais no coração influenciaram a melhora autonômica. Diferenças neurais (elétricas)

nas respostas com *sprints* ainda são inconclusivas, mas o exercício (tipos diferentes) pode melhorar a função neural, permitindo assim uma melhor VFC, por causa de um maior controle e equilíbrio autonômico (KEMP; QUINTANA, 2013).

O lactato foi medido antes e depois (2 min 30s) no total condições. Na avaliação intra-condição, os resultados foram como esperados, significativo no momento pós em comparação com a pré ($p < .001$) em todas as condições. Nas análises inter-condições foram (momento pós), não foram encontradas diferenças ($p > .05$). Outros estudos observaram um acúmulo de lactato em uma recuperação mais curta entre os estímulos em comparação com intervalos de pausa mais longos (BALSOM *et al.*, 1992; GLAISTER, M., 2005). Uma das hipóteses para estes achados é que todos os tempos de recuperação utilizados (20, 30, e 40 s) ofereceram baixa capacidade de recuperação e por causa disso, a remoção do lactato não foi diferente. No entanto, os estudos têm mostrado que quanto maior a intensidade e insuficiente recuperação, maior pode ser a integração metabólica. Com maior participação oxidativa e do lactato na ressíntese do ATP, resultando em menos acúmulo deste metabólito (BALSOM *et al.*, 1992; GAITANOS *et al.*, 1993). Em geral, a capacidade do sistema aeróbico mais elevado, também permitiu uma maior integração dos metabolismos energéticos em atividades de alta intensidade, preservando assim o sistema glicolítico (BILLAT, 2001a).

Na análise do desempenho, a avaliação foi realizada intra e inter condições para todos os sprints realizados, com base no primeiro sprint e entre eles quando a comparação foi realizada inter condições. Entretanto, nenhuma diferença significativa foi encontrada ($p > .05$). Estes achados se diferem dos estudos clássicos que, mesmo com características diferentes, observaram uma perda de desempenho (BALSOM *et al.*, 1992; GAITANOS *et al.*, 1993; GLAISTER, M., 2005). Por outro lado, intervenções com *sprints* ou o próprio HIIT, são eficientes na melhora do desempenho de diferentes testes para análise funcional (INOUE *et al.*, 2016; LOTURCO *et al.*, 2016; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ *et al.*, 2018). Estudos sugerem que a melhora da capacidade aeróbica (GIST *et al.*, 2014), densidade e biogênese mitocondrial (FIORENZA *et al.*, 2018; LITTLE *et al.*, 2010), maior eficiência glicolítica e oxidativa (BURGOMASTER *et al.*, 2005; BURGOMASTER;

HEIGENHAUSER; GIBALA, 2006), e adaptação muscular mais rápida (GIBALA, M.J. *et al.*, 2006) são os principais mecanismos para aumentar o desempenho. Em nossas conclusões, para ajudar a monitorar intensidade, foi utilizada a escala de Borg (PE - 0-10) (BORG, 1982) e para controle e monitoramento da intensidade do *sprint*, a PE é uma excelente ferramenta para uso (BILLAUT *et al.*, 2011). A PE mais elevada (em comparação com o 1° *sprint*) foram encontradas a partir do 6° *sprint* para S₂₀ e S₃₀ e de forma interessante, a partir do 5° *sprint* para S₄₀ ($p < .05$).

Curiosamente, os resultados no momento do primeiro *sprint* (entre condições) foram diferentes, mas sem significância estatística. Todos os participantes realizaram o aquecimento de forma semelhante (com intensidade relativamente igual). Acima de tudo, parece que esta discrepância não alterou o desempenho dos outros sprints. Estes resultados ajudam a identificar que quanto mais sprints os indivíduos realizavam, maior era o cansaço. No entanto, eles conseguiram manter o desempenho. O presente estudo demonstrou resultados semelhantes entre diferentes tempos de intervalo. Na PA, outros estudos também não mostraram respostas significativas no comportamento desta variável (BONSU; TERBLANCHE, 2016), mas podemos dizer que o treinamento intervalado de alta intensidade pode ser uma grande estratégia em na melhora crônica da PA (BATACAN *et al.*, 2017).

Com relação a VFC, estudos têm mostrado resultados positivos nesta funcionalidade após a intervenção com sprints (SOUSA *et al.*, 2018). No presente estudo, não foi possível observar (estatisticamente) diferenças significativas. Em lactato, intervenções do tipo aplicado aqui pode promover um alto nível de integração metabólica (BURGOMASTER *et al.*, 2005; BURGOMASTER; HEIGENHAUSER; GIBALA, 2006), o que exigiria um sistema menos glicolítico e, como os intervalos de tempo foram pouco diferentes um do outro, pode ter atingido níveis semelhantes na demanda metabólica e, portanto, demonstraram reações semelhantes em lactato. Em desempenho, estudos realizados em protocolos similares observaram resultados diferentes da nosso (BALSOM *et al.*, 1992;

GAITANOS *et al.*, 1993; GLAISTER, M., 2005), mas em um cicloergômetro, o que explicaria uma maior demanda de energia por causa da maior demanda muscular (mecânica).

O estudo possui algumas limitações. Uma das quais é o tamanho da amostra, que, a partir do cálculo da amostra (G-Power 3.1), foi designado um mínimo de 12 pessoas promover para maior sensibilidade estatística. As dificuldades na seleção de indivíduos que atendiam os critérios de inclusão do estudo, por isso o mesmo foi realizado com dez indivíduos. Outra limitação foi a falta de um dispositivo de fotocélula para medir o tempo de *sprint*, mas nossas conclusões não foram diferentes de estudos que utilizaram a distância aproximada utilizada aqui (RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ *et al.*, 2018). Outra questão que assumimos como uma limitação foi um teste de desempenho para comparar a intensidade (testada) com a aplicada (*all-out*). Os resultados da PE demonstraram que os indivíduos realizaram as intervenções em esforços considerados *all out*. A escassez de estudos sobre diferentes intervalos entre *sprints* fizeram com que fosse desafiador discutir os resultados, limitando possíveis especulações sobre o assunto. Finalmente, a intervenção deste estudo foi aguda, nos restringindo para dizer se *sprints* (RST) são de fato positivos para as avaliações aplicadas. Portanto, é recomendável realizar outros estudos com diferentes tipos de intervalos para avaliar estas variáveis e assim, ter mais informações sobre o tema desta pesquisa.

1.5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que diferentes intervalos não refletiram diferenças significativas nas respostas hemodinâmica, autonômica, lactato e no desempenho de indivíduos ativos submetidos a sessões de *sprint* (10 x 30 m *all out*). Entretanto, outros estudos sobre o tema desta pesquisa são sugeridos para formar diferentes opiniões e reduzir as lacunas de conhecimento relacionadas ao assunto. Este estudo possui alto potencial na aplicabilidade prática, pois oferece parâmetros essenciais para prescrição com *sprint*, que foram identificados por medidas de fácil manuseio e acessibilidade. Além disso, o estudo aplicou um protocolo (10 x 30 m *all out*) com diferentes tempos de recuperação (20, 30 e 40 segundos), que podem servir como uma estratégia de treinamento para saúde ou desempenho,

em indivíduos que estejam em níveis de condicionamento físico adequados à prática deste tipo de atividade. Mesmo que as diferenças significativas (estatísticas) não foram observadas, este tipo de intervenção pode ser uma grande opção em prescrições de treinamento intervalado de alta intensidade, no presente estudo, o RST. Principalmente quando, também, há o objetivo de manipular a intensidade através da densidade do treinamento.

2. ESTUDO II

Efeitos agudos de diferentes intervalos entre sprints repetidos sobre as respostas de desempenho em atletas amadores de futsal

Este estudo passou pelo processo de revisão por pares e foi publicado no *Journal of Physical Education* (APÊNDICE B).

Qualis: B1 Fator de Impacto:

2.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

Verificar a influência dos diferentes tempos de intervalos entre os *sprints* no desempenho em atletas de futsal amadores.

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Participantes

Dez atletas amadores do futsal masculino da Universidade Católica de Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil, participaram deste estudo (Tabela 1). Para serem incluídos, os participantes deveriam estar livres de lesões osteoarticulares, sem histórico de doenças cardiovasculares e que estivesse disposto a participar sem qualquer tipo de interrupção. Todos os participantes tinham pelo menos cinco anos de experiência de futsal. Os critérios de exclusão foram o uso de recursos ergogênicos, dor muscular (mesmo que nenhuma lesão tenha sido diagnosticada) e falta de disponibilidade para o presente estudo. Após a seleção dos participantes, todos foram recomendados a não utilizar o consumo excessivo de sal, cafeína ou álcool, a fim de evitar interferências nas respostas cardiovasculares e/ou de desempenho. Todos os indivíduos não passaram por um treinamento durante uma semana e somente realizaram as intervenções neste estudo. Após explicar os riscos e benefícios da pesquisa, os participantes preencheram o Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q) e assinaram um formulário de consentimento livre e informado, de acordo com o 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e a resolução de Helsinki e foi aprovado pelo

Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Católica de Petrópolis, sob o registro: CAAE: 59449822.2.0000.5281.

Tabela 1. Características antropométricas e funcional da amostra selecionada

Variáveis	Participantes
	M ± DP
Idade (anos)	21,5 ± 1,6
Peso (kg)	72,4 ± 6,88
Altura (m)	1,72 ± 0,05
IMC (kg/m ²)	24,3 ± 1,2
Percentual gordura (%)	13,7 ± 3,3
VO ₂ Pico (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	49,1 ± 10,5

2.2.2. Desenho experimental

O estudo foi dividido em cinco visitas. Na primeira visita, os participantes estavam familiarizados com todos os procedimentos da pesquisa e, na mesma visita, os participantes preencheram o Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q) para estratificação e conhecimento da amostra. Eles receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para assinar e também realizaram uma avaliação física para coletar dados antropométricos. Na segunda visita, foi realizado o Shuttle Run Test para capacidade/potência aeróbica (LEGER; LAMBERT, 1982) para caracterização condicional da amostra e para direcionar o nível de intensidade que seria aplicado nos experimentos. As três últimas visitas foram designadas para a intervenção experimental, os indivíduos realizaram sessões de sprint (10 × 20 m) e, para cada sessão, foram estipulados diferentes tempos de intervalo para serem usados entre os sprints, com 15 (S₁₅), 30 (S₃₀) e 60 (S₆₀) segundos de intervalo. Todas as visitas ocorreram com um intervalo de 48 h.

2.2.3. Protocolos de treinamento

Tendo em vista os aspectos metodológicos, as intervenções do presente estudo consistiram em sessões com treinamento de *sprint* repetido (RST) (BUCHHEIT; LAURSEN,

2013a, b). Cada participante foi selecionado aleatoriamente para as visitas experimentais (S_{15} , S_{30} e S_{60}). Foi exigido um intervalo mínimo de 48 h entre cada visita para os testes. Os experimentos foram realizados em uma quadra esportiva. Antes da realização dos *sprints*, foi realizado um aquecimento de 5 minutos que consistiu em: 1: duas voltas na quadra a um ritmo moderado (40-60% FC_{Max}); 2: aquecimento coletivo (3 min); 3: corridas curtas, deslocamentos laterais e deslocamento para trás, na forma de um circuito (3 séries]) com intensidade moderada a alta (40-80% FC_{Max}). Após a fase de aquecimento, os participantes se prepararam para o início das bebidas espirituosas com 10 séries de 20 m em intensidade total (*all out*). No início de cada teste, os atletas receberam informações padrão citando: 1: onde se posicionar no início de cada *sprint*; 2: hora de início; 3: local e hora da frenagem; 4: quantas repetições seriam feitas; 5: o intervalo entre os *sprints*. Para cada *sprint* em cada experimento, uma contagem regressiva de 5s [5,4,3,2,1...vai!] foi conduzida por um dos pesquisadores, seguida por um sinal sonoro (breve apito) que correspondia ao início de um novo *sprint*.

2.2.4. Análises de desempenho

A análise de desempenho foi realizada através da velocidade (km/h) alcançada durante cada *sprint* para todas as condições (S_{15} , S_{30} e S_{60}). A velocidade foi medida utilizando um aparelho de fotocélula (CEFISE Biotecnologia Esportiva[®], Nova Odessa, São Paulo, Brasil). Para efeitos comparativos, foi realizada uma análise intra condição para todos os *sprints*, bem como comparações inter condição entre eles.

2.2.5. Análises estatísticas

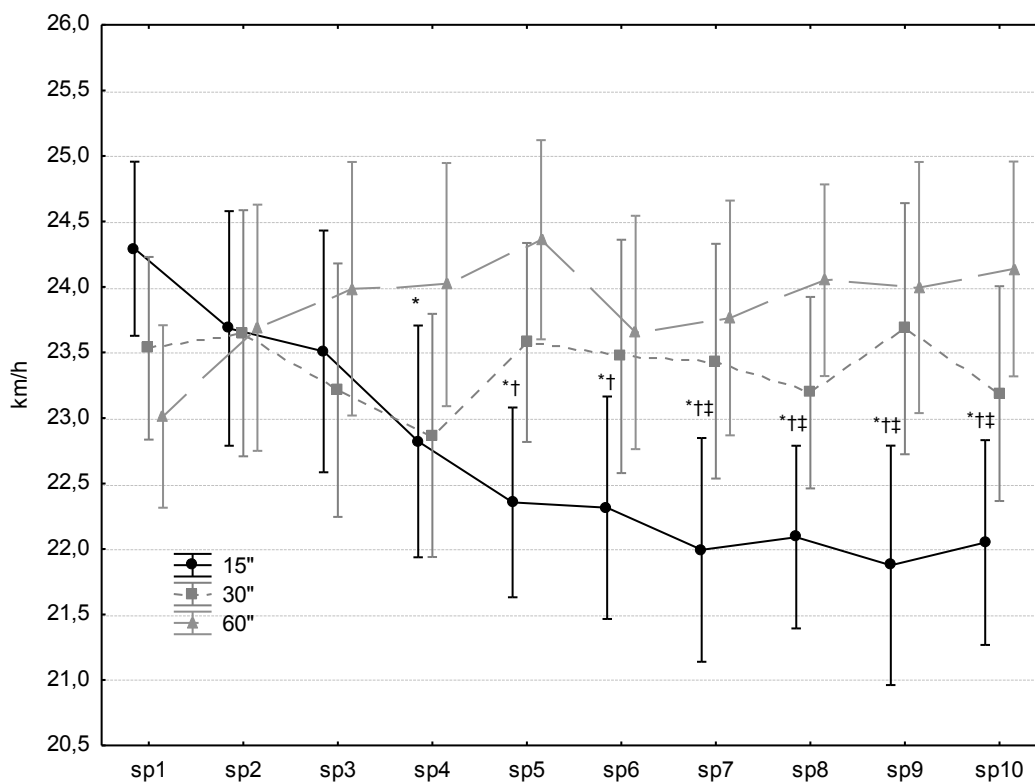
Todos os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão. Uma ANOVA bidirecional foi aplicada para medidas repetidas para testar possíveis diferenças entre *sprints* (km/h) sob diferentes condições de intervalo (S_{15} vs S_{30} vs S_{60}). A área sob a curva (ASC) também foi calculada usando o método trapezoidal e comparada entre as diferentes condições de intervalo entre os *sprints* usando uma ANOVA unidirecional. O teste pós-hoc de Fisher (LSD) foi realizado com o objetivo de comparações múltiplas. Em todos os casos, o nível de

significância foi definido na $p \leq .05$, e os cálculos foram feitos usando o software Statistica 7.0 (Statsoft TM, Tulsa, OK, EUA). Para o cálculo do tamanho da amostra, foi utilizado o software GPower 3.1.

2.3. RESULTADOS

Em resposta à estratificação da amostra, foi utilizado o questionário de preparação para atividade física (PAR-Q). Entretanto, todos os participantes (100%) responderam negativamente a esta avaliação, o que significa que os participantes não tinham restrições quanto às condições de saúde. Portanto, eles foram capazes de praticar exercício físico com segurança. A análise ANOVA bidirecional mostrou uma diferença significativa para a interação entre velocidade (em km/h) x condições de intervalo ($p = .001$). Na condição S₁₅ (Figura 1), foram observadas reduções no desempenho ($p \leq .05$) dos *sprints* a partir do quarto *sprint* (SP4) em relação à velocidade do *sprint* inicial (SP1), do quinto *sprint* (SP5) em relação à velocidade do segundo *sprint* (SP2), do sétimo *sprint* (SP7) em relação à velocidade do terceiro *sprint* (SP3). Além disso, não foram observadas diferenças significativas entre as diferentes condições de intervalo ($p = .067$).

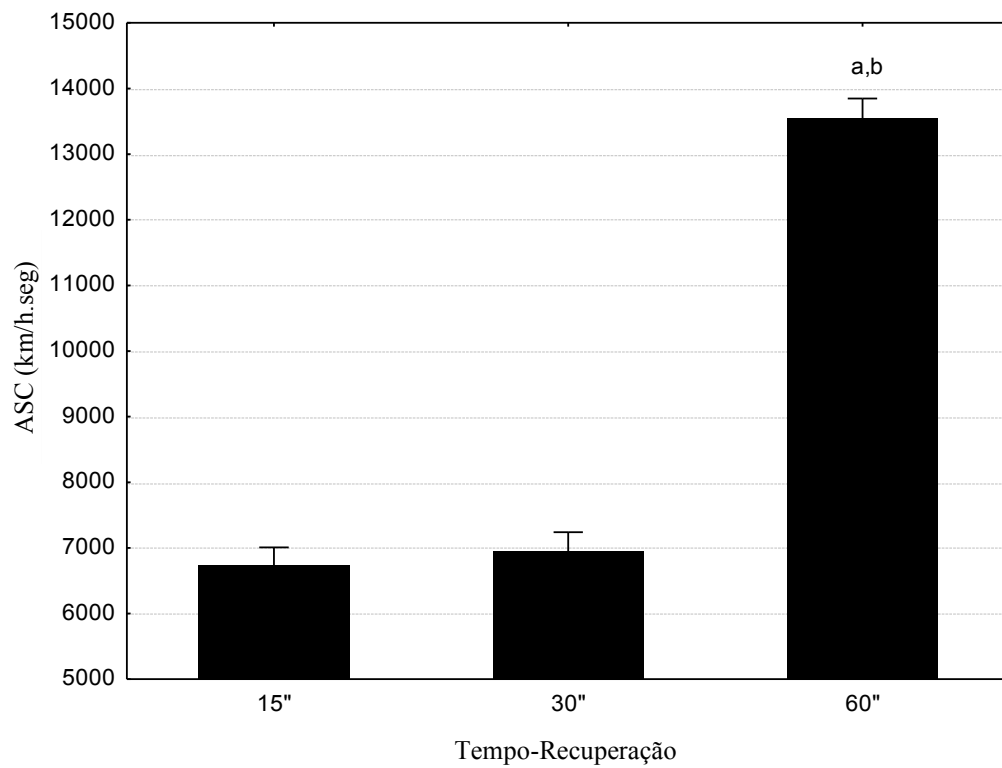
Figura 1. Análises do desempenho nos *sprints* para todas as condições.



* Diferença significativa em relação ao *sprint* inicial (SP1); † Diferença significativa em relação ao segundo *sprint* (SP2); ‡ Diferença significativa em relação ao terceiro *sprint* (SP3).

Os dados para ASC (Figura 2) mostraram uma diferença significativa ($p=.001$), onde o intervalo de 60 s (S_{60}) foi maior em comparação com os valores para 30 (S_{30}) ($p=.001$) e 15 s (S_{15}) ($p=.001$). Entretanto, não houve diferenças significativas entre os dados de 30 e 15 s ($p=.248$).

Figura 2. Análise da área sob a curva para todas as condições.



^a Diferença significativa em relação ao ASC da condição de intervalo de 15s. ^b Diferença significativa em relação ao ASC da condição de intervalo de 30s.

2.4. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar as influências de diferentes intervalos (15, 30 e 60s) no desempenho entre sprints repetidos (RST) em atletas de futsal amadores. Uma redução maior ($p \leq .05$) do desempenho foi observada no menor tempo de intervalo (15s-S₁₅) quando comparado com as outras condições de intervalo (30s-S₃₀ e 60s-S₆₀). Através da análise utilizando a ASC, observou-se que 60s (S₆₀) de pausa poderia ser uma ótima opção para manutenção do desempenho, especificamente em *sprints* curtos (20 m) com velocidade máxima ou supramáximo (*all-out*).

Esta pesquisa considerou a análise de desempenho através da velocidade aplicada em *sprints* consecutivos [10 × 20 m]. Estudos anteriores compararam o desempenho através da potência aplicada (GAITANOS *et al.*, 1993) e tempo (GLAISTER, M., 2005). Com a velocidade, os estudos foram discretos e inconclusivos. Considerando que esta variável (velocidade) é extremamente importante para a avaliação do desempenho, especialmente quando se trata de atletas de futsal, é importante observar que os participantes eram amadores. Com rapidez, os estudos foram discretos e inconclusivos. Considerando que esta variável (velocidade) é extremamente importante para a avaliação de desempenho, especialmente quando se trata de atletas de futsal, é importante observar que os participantes eram amadores. Balsom *et al.* (1992), observaram em três séries diferentes protocolos de estímulo (40 × 15 m, 20 × 30 m e 15 × 40 m), mas com intervalos de pausa iguais (30s), que os protocolos com menos séries, mas com maior distância para o sprint (30 e 40m) mostraram a maior redução no desempenho. No presente estudo, o protocolo com o intervalo mais curto (S₁₅) mostrou uma redução significativa no desempenho. Com estes resultados, sugerimos que o tempo de tensão seja considerado no momento da prescrição, já que esta variável pode ser manipulada pelo tempo de estímulo e, conseqüentemente, pelo menor tempo de recuperação que, juntos, influenciariam as reservas de energia.

Gaitanos *et al.* (1993), observaram uma redução significativa nos *sprints* finais (10 × 6s) com intervalos de 30s, o que, mesmo analisando variáveis diferentes, não corrobora os

resultados deste estudo, onde para o intervalo de 30s (S_{30}) não foram identificadas diferenças significativas. Entretanto, a presente pesquisa avaliou os *sprints* de corrida e o estudo acima mencionado realizou intervenções em um cicloergômetro. Portanto, não podemos extrapolar estes resultados para generalizar as repercussões dos intervalos de 30s. Da mesma forma, Glaister, (2005) utilizou intervalos diferentes (10 e 30s) entre *sprints* de 5s (20 séries) e observou que com 10s a redução de desempenho na potência média aplicada foi maior. Portanto, um intervalo menor gerou uma maior perda de desempenho, demonstrada através da velocidade. Estudos que verificam o desempenho entre *sprints* são escassos, limitando as deduções que podem ser feitas neste tipo de intervenção, especialmente quando há diferentes intervalos de recuperação.

Intervenções utilizando *sprints* podem ser grandes estratégias para melhorar a função autonômica (DE SOUSA *et al.*, 2018) através de melhores reações químicas (KEMI *et al.*, 2005) e estruturais (WISLØFF; ELLINGSEN; KEMI, 2009), além de melhorias cardiopulmonares (GIST *et al.*, 2014). Estudos descobriram que as intervenções com sprints também podem ser uma ótima opção para melhorar o desempenho avaliado através de simulações de corrida de mountain bike (INOUE *et al.*, 2016) e vários outros testes, tais como saltos de agachamento, saltos de contra movimento, velocidade do *sprint* (5, 10, 20 e 30m), mudança de direção e testes de velocidade (LOTURCO *et al.*, 2016). Entretanto, os mecanismos envolvidos na manutenção do desempenho entre *sprints* com diferentes intervalos, ainda são inconclusivos. Entretanto, estudos indicam que os parâmetros fisiológicos estão diretamente ligados ao desempenho, como a melhoria do sistema cardiovascular através de melhor ativação e equilíbrio autonômico (simpático vs. parassimpático) (DE SOUSA *et al.*, 2018). Com todos os *sprints*, há um aumento no fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, um aumento nos níveis de óxido nítrico nas estruturas endoteliais, equilibrando a pressão arterial e gerando melhor vascularização devido a uma maior vasodilatação e complacência arterial (GREEN *et al.*, 2004).

Com relação ao comportamento intramuscular, a intervenção com *sprint* aumenta mais rapidamente a capacidade de adaptação músculo esquelética (GIBALA *et al.*, 2006),

promovendo uma resposta mais eficiente durante os estímulos, especialmente os de alta intensidade. Com relação ao comportamento metabólico, o treinamento de alta intensidade aumenta a capacidade glicolítica e oxidativa (BURGOMASTER *et al.*, 2005; BURGOMASTER; HEIGENHAUSER; GIBALA, 2006), o que pode ser um fator importante na promoção da integração metabólica (GLAISTER, M., 2005) , minimizando assim os níveis de fadiga que prejudicam o desempenho. Finalmente, os sprints também podem gerar melhorias no componente intramuscular, promovendo maior densidade e até mesmo a biogênese mitocondrial, que é uma adaptação importante para o desempenho (FIORENZA *et al.*, 2018; LITTLE *et al.*, 2010). Diz-se que estes mecanismos são melhorados através de intervenções de *sprint* (SIT e RST), mas são extremamente importantes para determinar a manutenção e reduzir o desempenho entre uma sessão de treinamento de *sprint* de acordo com o presente estudo.

O presente estudo tem algumas limitações, uma das quais é o tamanho da amostra. O nível dos atletas participantes (amadores) e o tamanho da amostra, na verdade, foi nossa maior limitação. Há uma dificuldade significativa no recrutamento de atletas para análises deste tipo de estudo e é por isso que tínhamos um número limitado e uma população não profissional. Outra limitação era que não medíamos os níveis de lactato antes e depois das intervenções. Desta forma, teríamos uma visualização maior sobre o comportamento metabólico antes de diferentes intervalos para a mesma distância de estímulo (20m). Finalmente, este estudo aplicou uma análise aguda, o que limita apenas a avaliação do período realizado. Com uma análise crônica, com de um controle de carga, talvez seja possível encontrar uma redução menor no desempenho, mesmo com tempos de intervalo mais curtos, devido aos ganhos condicionais resultantes das sessões com *sprints*.

Os resultados do presente estudo foram obtidos utilizando uma população de atletas de futsal amadores. Portanto, não podemos extrapolar estes resultados para atletas profissionais, mas podemos sugerir que o RST pode ser uma grande ferramenta e estratégia de treinamento para esta modalidade. Entretanto, os resultados para níveis mais elevados de atletas são inconclusivos. Portanto, sugerimos outros estudos sobre o mesmo tema com

atletas profissionais para avaliar as respostas fisiológicas e mecânicas resultantes da aplicação do RST.

2.5. CONCLUSÃO

O presente estudo, conclui que um tempo menor (15s) de pausa entre os *sprints* repetidos pode afetar o desempenho de forma mais significativa em comparação com pausas mais longas (30 e 60s). Deste modo, para aplicabilidade prática, prescrições com tempos de recuperação mais curtos podem ser viáveis quando há interesse em manipular maior intensidade através de um treinamento mais denso. Enquanto que as sessões de *sprint* com pausas mais longas podem ser aplicadas quando há a intenção de fazer um treino intenso em um bloco (por exemplo, uma semana), onde as sessões de treinamento são conduzidas em altas intensidades. Assim, pausas mais longas podem preservar o indivíduo de um desgaste maior, tendo maior controle da carga total de treinamento. Entretanto, todas as condições testadas aqui podem ser positivas para melhorar o desempenho, especialmente nos esportes que exigem um desempenho motor rápido e eficiente, como o futsal.

3. ESTUDO III

Efeitos do treinamento intervalado no sistema cardiovascular em idosos saudáveis: Uma revisão sistemática

Este estudo passou pelo processo de revisão por pares e foi publicado na *Frontiers in Physiology* (APÊNDICE C).

Qualis: A1 **Fator de Impacto:** 4,755

3.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

Demonstrar, através de uma revisão sistemática, os efeitos do treinamento intervalado no sistema cardiovascular em idosos saudáveis.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Pesquisa de literatura

Esta revisão sistemática foi projetada e relatada de acordo com as recomendações das diretrizes do PRISMA (LIBERATI *et al.*, 2009) e com o relatório MOOSE proposto (Meta-análise de Estudos observacionais em Epidemiologia) (STROUP *et al.*, 2008). Pesquisa sistemática de literatura foi conduzida até maio 2019, utilizando as seguintes bases de dados: PubMed, Medline, e Sport Discus. Os termos de busca foram definidos de acordo com a população (idosos) e intervenção (treinamento intervalado), com base em revisões sistemáticas no campo. As seguintes estratégias de busca, *Medical Subject Headings* (MeSH) e foram considerados os seguintes operadores booleanos: “Interval Training and Elderly and Interval Training and Aging and Baroreflex Sensitivity” OR “Interval Training and Aging and Blood Pressure” OR “Interval Training and Aging and Heart Rate Variability” OR “Interval Training and Elderly and Baroreflex Sensitivity and Interval Training and Elderly and Heart Rate Variability.” Quatro pesquisadores que chegaram a consenso em caso de desacordo realizaram estes procedimentos.

Incluimos estudos que utilizaram a TI como protocolo de intervenção (mesmo se comparado com outros tipos de intervenção), utilizando uma amostra de indivíduos saudáveis com 60 anos ou mais, que investigaram pelo menos uma variável (mesmo indiretamente, não sendo assim o objetivo principal do estudo) que foi de interesse para nossa revisão. Artigos que não tinham nenhuma associação com o objetivo deste estudo, artigos que tinham protocolos que não se encaixavam na seleção, e que não mencionavam a descrição dos protocolos, metodologia e amostragem foram excluídos. Também foram excluídos os estudos piloto e de revisão. Após a fusão dos resultados da pesquisa e o descarte de duplicados, dois pesquisadores selecionaram através dos títulos e resumos de forma independente a fim de identificar estudos relevantes. Artigos de texto completo dos estudos incluídos foram selecionados e avaliados independentemente da elegibilidade pelos dois pesquisadores, de acordo com o anteriormente. Foi realizada uma reunião de consenso para o caso de desacordo em relação a qualquer estudo e um terceiro pesquisador foi acionado quando a decisão não foi completada pelos dois pesquisadores responsáveis por esta tarefa. Para recuperar artigos de texto completo, os autores foram contatados usando o e-mail e o *Research Gate*, a fim de fornecer o relatório necessário. Após três tentativas fracassadas de obter uma resposta dos respectivos autores, o estudo foi excluído da análise. Alguns relatórios foram aparentemente publicados com base em dados dos mesmos ensaios. Os autores correspondentes foram contatados a fim de confirmar se esses relatórios foram realmente produzidos a partir de diferentes testes ou não.

3.2.3. Critérios de elegibilidade e seleção de estudos

Os critérios de elegibilidade para inclusão no estudo foram estabelecidos de acordo com a estratégia PICOS:

-Population: Os participantes deveriam ser idosos saudáveis.

-Intervention: Qualquer tipo de treinamento intervalado agudo ou crônico destinada a aumentar a proteção cardiovascular e indivíduos idosos.

-Comparison/Control: As intervenções de treinamento intervalado deveriam ser comparadas a outro tipo de treinamento cardiorrespiratório, grupos controle ou de tratamento.

-Outcomes: Os resultados foram relacionados as medidas cardioproteção em idosos (Frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca, pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, atividade barorreflexa e consumo máximo de oxigênio).

-Study design/Type: Artigos originais, ensaios randomizado controlado, utilizando desenhos de grupos cruzados ou paralelos, comparando uma intervenção ou intervenções que englobam treinamento intervalado com um grupo de outro tipo de treinamento cardiorrespiratório, grupos de controle ou tratamento.

Para determinação organizacional, somente os estudos originais publicados entre 1990 e 2019, em inglês, foram incluídos. A triagem foi realizada através da leitura do título, resumo e, quando necessário, lendo na íntegra para uma avaliação mais detalhada. Em seguida, uma elegibilidade processo foi realizado através da leitura completa de todos os artigos. As listas de referências dos artigos foram revisadas para identificar outros estudos. Finalmente, após todo o processo de elegibilidade, os artigos para revisão foram selecionados.

3.2.4. Risco de viés em estudos individuais

Para avaliar o risco de viés em estudos individuais, os pesquisadores realizaram uma análise da qualidade metodológica dos estudos. A ferramenta de avaliação para os estudos selecionados foi a escala PEDro (CENTER FOR EVIDENCE-BASED PHYSIOTHERAPY, 2019). A escala PEDro é considerada uma ferramenta apropriada em revisões sistemáticas para análise qualitativa de estudos quantitativos. O método consiste no componente de classificações para as seguintes categorias: critérios de seleção, igualdade entre grupos, métodos de coleta de dados e resultados. Os componentes foram classificados em 0 (não identificados) e 1 (identificado). Estudos com pontuação PEDro entre 6 e 10 pontos, 4 e 5 pontos, e 0 e 3 pontos foram considerados altos, moderados, e de baixa qualidade,

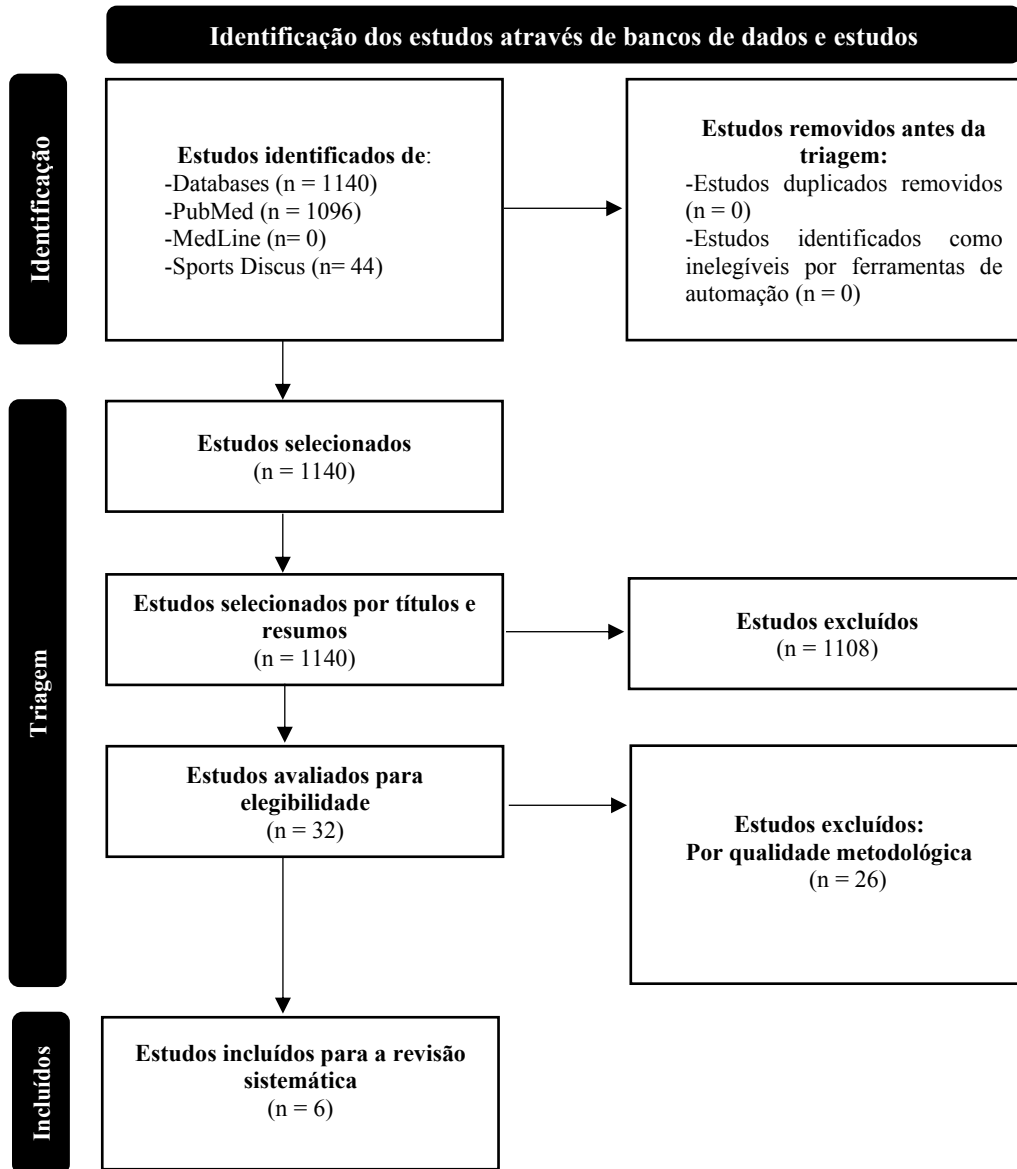
respectivamente. Todas as discordâncias relacionadas com a classificação do PEDro foram resolvidas por uma discussão consensual entre os pesquisadores.

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Seleção dos estudos

Após a utilização das palavras-chaves, foram identificados 1.140 artigos. Entretanto, no processo de triagem de artigos, 1.108 artigos foram excluídos através da verificação de seus títulos e resumos. Finalmente, 32 estudos foram selecionados para leitura completa. Após a elegibilidade, 26 foram eliminados porque eles não continham uma metodologia de acordo com o propósito desta revisão e seis estudos foram incluídos para a análise final. Todo o processo de seleção do estudo é mostrado no diagrama de fluxo do PRISMA na Figura 1.

Figura 1. Diagrama de fluxo de informações sobre as diferentes fases da revisão sistemática.



3.3.2. Qualidade dos estudos

A pontuação média da escala PEDro para os estudos incluídos na revisão foi de $4,8 \pm 1,3$ pontos com um intervalo de 3-6 pontos (Tabela 1). De acordo com os critérios de qualidade estabelecidos, a qualidade média dos estudos incluídos nesta revisão são, portanto, moderada. Além disso, não houve um alto grau de variação na qualidade entre estudos. Todos os estudos cumpriram o critério de elegibilidade (escala PEDro pergunta 1) e medidas de resultado. Três estudos (ADAMSON *et al.*, 2019; LEPRETRE *et al.*, 2009; NEMOTO *et al.*, 2007) realizaram um *design* randomizado cruzado (pergunta 2 da escala PEDro). Nenhum dos estudos utilizaram critérios ocultos (pergunta da escala PEDro 3). Quatro estudos (ADAMSON *et al.*, 2019; AHMAIDI *et al.*, 1998; LEPRETRE *et al.*, 2009; NEMOTO *et al.*, 2007) mostraram similaridade entre grupos (pergunta da escala PEDro 4). Nenhum dos estudos tinham critérios metodológicos cegos (perguntas da escala PEDro 5, 6, e 7). Todos estudos mostraram resultados em mais de 85% da amostra (PEDro pergunta de escala 8) e todos os estudos atenderam aos critérios 9, relacionados com a condição de intervenção (pergunta 9 da escala PEDro). Cinco estudos (ADAMSON *et al.*, 2019; AHMAIDI *et al.*, 1998; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007) apresentaram estatísticas comparações entre grupos (pergunta 10 da escala PEDro) e medidas pontuais e medidas de variabilidade (ADAMSON *et al.*, 2019; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007; PICHOT *et al.*, 2005) (pergunta da escala PEDro 11).

Tabela 1. Pontuação PEDro de qualidade metodológica para os estudos incluídos.

Referências	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Ahmaidi <i>et al.</i> (1998)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	4
Pichot <i>et al.</i> (2005)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3
Nemoto <i>et al.</i> (2006)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Leprete <i>et al.</i> (2009)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Molmen <i>et al.</i> (2012)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
Adamson <i>et al.</i> (2019)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6

0: Não cumpriu o critério; 1: Cumpriu o critério.

3.3.3. Características dos estudos

O resumo dos artigos, na Tabela 2, foi baseado em um questionário que considerou os seguintes itens: Autores, ano de publicação, amostragem (quantidade, sexo e idade), protocolos de treinamento, variável dependente e resultados (NETO *et al.*, 2017). Nesses estudos selecionados, os resultados foram retirados de publicações de 1998 (AHMAIDI *et al.*, 1998) a 2019 (ADAMSON *et al.*, 2019). Em relação à amostragem, foram encontrados 251 indivíduos, 107 homens e 144 mulheres. No entanto, dois estudos utilizaram apenas homens em suas intervenções (AHMAIDI *et al.*, 1998; PICHOT *et al.*, 2005) e os outros quatro estudos utilizaram homens e mulheres em suas análises (ADAMSON *et al.*, 2019; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007). Não foram encontrados estudos somente com mulheres e dois estudos utilizaram indivíduos ativos (AHMAIDI *et al.*, 1998; PICHOT *et al.*, 2005) e quatro estudos incluíram indivíduos inativos (ADAMSON *et al.*, 2019; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007). O tamanho da amostra nos estudos selecionados variou de 11 (PICHOT *et al.*, 2005) a 139 indivíduos (NEMOTO *et al.*, 2007).

Os resultados do presente estudo identificaram diferentes protocolos para intervenções: TI (AHMAIDI *et al.*, 1998; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; PICHOT *et al.*, 2005), *Sprint Interval Training* (SIT) (ADAMSON *et al.*, 2019), e o *High*

Intensity Interval Walking Training (HIIWT) (NEMOTO *et al.*, 2007). Com os avanços e a popularização do TI usando diferentes intensidades de esforço, foi necessário elaborar em diferentes nomenclaturas para este método. Comumente, o TI usada é representada pelo esforço físico e com exercícios cíclicos repetitivos, alternando períodos de estímulo com base em alguns parâmetros fisiológicos, que podem estar abaixo do limiar anaeróbico a 85% da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) ou 85% do VO_{2max} (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a). Portanto, é um método que proporciona significativas adaptações fisiológicas, melhorando a aptidão física (BILLAT, 2001a). O SIT é conduzido por curtos estímulos (5 a 60") com intensidades consideradamente altas (90% VO_{2max} ou acima do 2º limiar ventilatório), máximo (100% VO_{2max}), supramáximo (>100% VO_{2max}), ou subjetivamente, comumente chamado de "all-out" (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a). HIIWT é um protocolo de TI que utiliza a caminhada como ritmo mecânico. No entanto, embora não seja comum entre as aplicações de TI, o HIIWT pode ser uma estratégia importante para os idosos incapazes de realizar uma atividade com alto nível de impacto e exigências motoras (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Independentemente da variação metodológica, todos estes protocolos têm características para uma predominância do metabolismo aeróbico (BILLAT 2001a; GAITANOS *et al.*, 1993).

Os diferentes protocolos de TI foram conduzidos com o objetivo de obter melhorias nas variáveis cardioprotetoras nos idosos. Ahmaidi *et al.* (1998) introduziram uma sequência variada de estímulos com FC relacionado ao limiar ventilatório (LV) e recuperação em FC de 20 batimentos abaixo do obtido em LV, totalizando 43 minutos de atividade. Pichot *et al.* (2005) aplicaram seis conjuntos de 4 minutos a 65% da FC_{max} e 1 minuto a 85% FC_{max} por 45 minutos. Nemoto *et al.* (2007) não fixaram uma série de intervalados, realizando cinco ou mais blocos de 3 minutos a 40% de VO_{2pico} com 3 minutos a 70-85% VO_{2pico} , estabelecendo um volume de pelo menos 30 minutos. Lepretre *et al.* (2009) utilizaram o LV como parâmetro para controlar as intensidades de TI por 30 minutos, com seis séries de 4 minutos no 1ª LV com 1 minuto na 2º LV. Molmen *et al.* (2012) realizaram sessões de 28 minutos com estímulos de 4 minutos a 90-95% FC_{max} e 3 minutos de recuperação a 60-70% FC_{max} .

Adamson *et al.* (2019) usaram um protocolo com 6 a 11 conjuntos de 6 segundos em intensidade máxima (*all-out*) por 30 segundos de recuperação passiva ou quando o ritmo cardíaco abaixo de 120 bpm foi atingido. Contudo, considerando os aspectos metodológicos do TI, o presente estudo identificou que todos os artigos selecionados utilizavam estímulos de alta intensidade.

Quanto ao local, equipamento e tempo de intervenção, dois estudos realizaram o treinamento em via natural (AHMAIDI *et al.*, 1998; NEMOTO *et al.*, 2007) e quatro foram conduzidos em laboratórios que utilizam cicloergômetros (ADAMSON *et al.*, 2019; LEPRETRE *et al.*, 2009; PICHOT *et al.*, 2005) ou esteira (MOLMEN *et al.*, 2012). Todos os estudos selecionados aplicaram intervenções crônicas que variam de 9 (LEPRETRE *et al.*, 2009) a 20 semanas (NEMOTO *et al.*, 2007). Para determinar a análise estatística, todos os estudos selecionados tiveram um nível de significância de $p < .05$. Em relação à hemodinâmica, respostas autonômicas e cardiorrespiratórias resultantes dos diferentes protocolos de TI, quatro estudos investigaram a medição de FC (AHMAIDI *et al.*, 1998; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007; PICHOT *et al.*, 2005), cinco estudos verificaram o comportamento da PAS e PAD (ADAMSON *et al.*, 2019; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007; PICHOT *et al.*, 2005) e dois estudos mediram a PAM (ADAMSON *et al.*, 2019; PICHOT *et al.*, 2005). Em relação ao controle autonômico, apenas um estudo investigou este desempenho através da AB e VFC (PICHOT *et al.*, 2005). Na condição cardiorrespiratória, quatro estudos avaliaram a influência da TI no VO_{2max} (AHMAIDI *et al.*, 1998; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; PICHOT *et al.*, 2005). Entretanto, apenas um estudo investigou variáveis hemodinâmica, autonômica, e cardiorrespiratórias (PICHOT *et al.*, 2005).

Sobre procedimentos de medição de FC, um estudo (PICHOT *et al.*, 2005) utilizou o método Holter e dois estudos (MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007) usaram o método do eletrocardiograma. Em relação à PA, um estudo (PICHOT *et al.*, 2005) usou a medição usando o método de medição com grampo fixado nos dedos, um estudo utilizou o método auscultatório (NEMOTO *et al.*, 2007), um estudo utilizou o método do

eletrocardiograma (MOLMEN *et al.*, 2012), um estudo (ADAMSON *et al.*, 2019) usou um dispositivo automático e apenas um estudo (LEPRETRE *et al.*, 2009) não mencionou qual método para a aferir a PA foi utilizado, possivelmente porque apresentou os resultados da PA de uma forma indireta no estudo, não sendo o principal alvo do estudo. Em relação ao AB, apenas um estudo analisaram esta variável (PICHOT *et al.*, 2005) e utilizaram a sequência de método de análise espectral cruzada usando um eletrocardiograma. Para VFC, somente Pichot *et al.* (2005) analisaram e, utilizaram o método Holter. Finalmente, para a análise do VO_{2max} , todos os estudos que realizaram esta avaliação. Quatro estudos utilizaram o método com gases de teste incrementais (AHMAIDI *et al.*, 1998; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; PICHOT *et al.*, 2005). Dois estudos foram realizados em uma esteira (AHMAIDI *et al.*, 1998; MOLMEN *et al.*, 2012) e dois estudos utilizaram cicloergômetros (LEPRETRE *et al.*, 2009; PICHOT *et al.*, 2005). Adiante, os resultados para cada variável sobre os efeitos da TI com diferentes formatos de protocolo serão exibidos.

Tabela 2. Estudos selecionados que investigaram o treinamento intervalado em variáveis cardioprotetoras em idosos.

Referências	Amostra (grupos; n=; sexo; idade)	Protocolos de treinamento	Duração	Resultados
Ahmaidi <i>et al.</i> (1998)	n = 22 homens GE: 11 (62.7 ± 1.4) GC: 11 (61.7 ± 1.9)	Via natural. TI: 10' Aquecimento 1' est./1' rec. 2' est./1' rec. 4' est./ 1' rec. 10' est./ 3' rec. 10' Desaceleração Intensidade: est.: FC-LV/rec.: 20 BPM menos FC-LV	12 semanas 2 x semanais	Melhora do VO _{2max} relativo. Não houve diferença em absoluto VO _{2max} .
Pichot <i>et al.</i> (2005)	n = 11 homens GE: M: 11 (73.5 ± 4.2) GC: NF	Cicloergômetro. TI: 9 x 4' 65% FC _{Max} 1' 85% FC _{Max}	14 semanas 4 x semanais	Melhora da FC, VFC, AB e VO _{2max} Não houve diferença em um índice da VFC (PNN50%), PAS, PAD e PAM.
Nemoto <i>et al.</i> (2007)	n = 28 homens/111 mulheres GE 1: M: 11 (67 ± 4) /W: 31 (64 ± 6) GE 2: M: 8 (67 ± 5) /W: 43 (62 ± 5) GC: M: 9 (66 ± 5) /W: 37 (62 ± 6)	Via natural. TI: (HIIWT) 5 (ou mais) x 3' 40% VO _{2pico} 3' 70-85% VO _{2pico}	5 meses 2-4 x semanais	Melhora da FC (mulheres), PAS e PAD (homens e mulheres).
Leprete <i>et al.</i> (2009)	n = 16 homens/19 mulheres GE: M: 16 (64 ± 3,7) / W: 19 (65,5 ± 5.4) GC: NF	Cicloergômetro. TI: 6 x 4' 1° LV 1' 2° LV	9 semanas 2 x semanais	Melhora do VO _{2max} relativo. Não houve diferença na PAS e PAD.
Molmen <i>et al.</i> (2012)	n = 21 homens/6 mulheres GE: M: 10/W: 6 (73 ± 3) GC1: M 10 (23 ± 2) GC2: M: 11 (74 + 2)	Esteira. TI: 10' Aquecimento ~60% FC _{max} 4x 4' 90-95% FC _{max} / 3' 60-70% FC _{max} 3' Desaceleração	12 semanas 2 x semanais	Melhora da FC, PAS, PAD e VO _{2max} relativo.
Adamson <i>et al.</i> (2019)	n = 9 Homens/8 Mulheres GE: M: 6 / W: 4 (66 ± 4) GC: M: 3 / W: 4 (66 ± 2)	Cicloergômetro. TI (SIT) 6 a 11 x 6" All Out / Rec. Passiva de 30" (ou FC abaixo de 120 bpm)	10 semanas 2 x semanais	Melhora da PAS (homens e mulheres) e PAD (homens). Não houve diferença no PAD (mulheres) e PAM (homens e mulheres).

GE: Grupo experimental; **GC:** Grupo controle; **NF:** Não feito; **TI:** Treinamento intervalado; **HIIWT:** High Intensity Interval Walking Training; **SIT:** Sprint Interval Training; **Est.:** Estímulo; **Rec.:** Recuperação; **FC-LV:** Frequência cardíaca no limiar ventilatório; **FC_{max},** Frequência cardíaca máxima; **VO_{2pico}:** Pico de consumo de oxigênio; **LV:** Limiar ventilatório; **VO_{2max}:** Consumo máximo de oxigênio; **VFC:** Variabilidade da frequência cardíaca; **AB:** Atividade barorreflexa; **FC_R:** Frequência cardíaca em repouso; **PAS:** Pressão arterial sistólica; **PAD:** Pressão arterial diastólica; **PAM:** Pressão arterial média.

3.3.4. Resultados das medidas

3.3.4.1. Frequência cardíaca em repouso (FC_R)

A FC_R é extremamente importante na avaliação clínica e está relacionado com doenças cardiovasculares (SCHNEIDER *et al.*, 2018). Vários fatores podem modificar o comportamento desta variável, uma das quais é o envelhecimento (OGLIARI *et al.*, 2015). Em relação a FC_R dos estudos selecionados, são apresentados alguns resultados importantes sobre esta variável. Pichot *et al.* (2005) obtiveram resultados significativos em FC_R, sendo $71,9 \pm 9,9$ bpm no *baseline* e $67,2 \pm 11,4$ bpm pós-intervenção ($p < .001$). Nemoto *et al.* (2007) alcançaram melhorias na FC_R para mulheres (81 ± 2 a 78 ± 1 bpm, $p < .05$). Mais expressivamente, Molmen *et al.* (2012) demonstraram uma redução de 10 batimentos ($p < .01$) após intervenção com TI.

3.3.4.2. Pressão arterial sistólica, diastólica e média (PAS, PAD e PAM)

A PA é uma variável que muda significativamente no processo de envelhecimento e um dos principais fatores é a rigidez causada na artéria (FIGUEROA *et al.*, 2009) e a perda de estruturas funcionais e eficiência do sistema cardiovascular dos idosos (DELEY; PICARD; TAYLOR, 2009). Assim, em relação à PAS, alguns estudos relacionados mostraram resultados após suas intervenções. No estudo de Nemoto *et al.* (2007), houve uma redução de 10 mmHg para homens (146 ± 2 para 136 ± 2 , $p < .001$) e 8 mmHg para mulheres (140 ± 3 para 132 ± 2 , $p < .001$). Molmen *et al.* (2012) foram capazes de reduzir a PAS em 12% ($143 \pm 15,0$ para $126 \pm 8,5$, $p < .05$). Adamson *et al.* (2019) conseguiu melhorias de 4 mmHg para homens (136 ± 13 para 122 ± 9 , $p < .05$) e 10 mmHg para mulheres (141 ± 13 para 131 ± 6 , $p < .05$). Pichot *et al.* (2005) não observaram diferenças significativas em PAS ($111,6 \pm 13,9$ para $111,1 \pm 13,3$, $p > .05$), assim como Lepretre *et al.* (2009) para quem a PAS reduziu muito discretamente para os homens e mulheres (0,7% e 1,3%, respectivamente, $p > .05$).

Em relação a PAD, os resultados seguiram a mesma linha. Nemoto *et al.* (2007) obtiveram uma redução na PAD para homens e mulheres, com 87 ± 3 para 82 ± 2 ($p < .05$) e 85 ± 2 para 80 ± 2 ($p < .001$), respectivamente. Molmen *et al.* (2012) diminuiu 9% ($p < .01$) de $80,0 \pm 8,7$ para $73 \pm 5,0$ após as intervenções. Adamson *et al.* (2019) foram capazes de diminuir PAD em 8 mmHg para homens (85 ± 5 para 77 ± 9 , $p < .05$), mas para as mulheres não obtiveram diferenças significativas (85 ± 5 para 84 ± 4 , $p > .05$). Pichot *et al.* (2005) e Lepretre *et al.* (2009) não alcançaram resultados significativos no comportamento da PAD após o treinamento período ($p > .05$). Com relação ao PAM, apenas dois estudos verificaram o comportamento desta variável. Pichot *et al.* (2005) não alcançaram diferenças significativas ($76,9 \pm 14,9$ para $77,9 \pm 12,3$, $p > .05$). Por outro lado, Adamson *et al.* (2019) demonstraram reduções significativas para os homens (104 ± 9 para 94 ± 10 , $p < .05$) e mulheres (94 ± 8 a 88 ± 11 , $p < .05$).

3.3.4.3. Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

VFC é uma medida importante para diagnosticar a condição cardiovascular (OGLIARI *et al.*, 2015). Portanto, a interpretação dos dados adquiridos é subdividido no domínio do tempo e da frequência com seus respectivos índices (LABORDE; MOSLEY; THAYER, 2017). No domínio do tempo, os valores sobre batimentos a batimentos (RR), PNN50%, e RMSSD estão associados com a atividade parassimpática são adquiridos. SDNN e SDANN estão relacionadas à atividade autonômica global (YOUNG; BENTON, 2018). No domínio da frequência, os componentes de baixa frequência (LF) são analisados, correspondendo ao simpático e parassimpático em ação conjunta com predominância simpática. A alta frequência (HF) indica o desempenho parassimpático e o a relação LF/HF é um marcador de equilíbrio autonômico (VANDERLEI *et al.*, 2009). Dados os estudos selecionados para a presente revisão, apenas um estudo investigou a VFC. Pichot *et al.* (2005) demonstraram resultados relevantes sobre itens de avaliação de VFC. No domínio de tempo os pesquisadores deste estudo encontraram uma melhoria de 7,7% em valores RR (847 ± 100 para 912 ± 133 , $p < .001$) e 15,4% de redução em SDNN (149 ± 45 para 126 ± 40 , $p < .05$). Significativos resultados também foram encontrados nos índices

RMSSD ($30,3 \pm 7,5$ para $36,4 \pm 8,8$, $p < .01$). Entretanto, para o PNN50% não foram encontrados resultados significativos diferenças ($3,52 \pm 2,53$ para $4,41 \pm 2,79$, $p > .05$). Para a análise do domínio da frequência, Pichot *et al.* (2005) também apresentaram interessantes resultados. Para o LF (n.u.), os resultados foram $62,4 \pm 9,5$ para $58,4 \pm 11,4$ após as intervenções ($p < .05$). Para o HF (n.u.), os resultados também foram positivos, sendo $37,6 \pm 9,5$ pré-intervenção e $41,4 \pm 11,4$ após o treinamento ($p < .05$). Sobre a medição LF/HF, houve uma redução de 19,1% ($2,93 \pm 1,35$ para $2,37 \pm 1,10$, $p < .05$).

3.3.4.4. Atividade Barorreflexa (AB)

AB é uma variável que demonstra a eficiência cardiovascular (DELEY; PICARD; TAYLOR, 2009; FIGUEROA *et al.*, 2009), promovendo de forma integrada a modulação dos sistemas hemodinâmico e autonômico. Apenas um estudo investigou o comportamento do AB (PICHOT *et al.*, 2005). Neste estudo, utilizou-se os métodos que utilizam o comportamento RR e PAS, além da análise espectral cruzada que observa o desempenho de componentes de baixa (LF) e alta (HF) frequência com a PA, tudo expresso em ms. mmHg⁻¹. Os resultados de Pichot *et al.* (2005) demonstraram melhorias na AB. A AB aumentou 40% significativamente de $7,0 \pm 1,8$ para $9,8 \pm 2,1$ ms. mmHg⁻¹ ($p < .01$). A partir destas constatações, 10 sujeitos mostraram melhorias e apenas um sujeito reduziu AB. Em relação à análise espectral, quando os pesquisadores realizaram os cálculos através da HF, eles obtiveram resultados positivos aumentando significativamente de $6,9 \pm 2,2$ para $10,5 \pm 3,7$ ms. mm/Hg⁻¹ (52,5%, $p < .05$), com oito sujeitos mostrando um aumento em AB e dois mostrando uma diminuição. Quando a avaliação foi realizada utilizando os valores LF como base de cálculo, não foram observadas diferenças significativas (de $5,3 \pm 2,3$ para $6,9 \pm 3,1$ ms. mmHg⁻¹, $p = .220$).

3.3.4.5. Consumo Máximo de Oxigênio (VO_{2max})

O VO_{2max} é de suma importância para os idosos porque no processo de envelhecimento, há uma redução na eficiência de função cardiovascular devido à diminuição cardiorrespiratória e, nesta população, o VO_{2max} pode reduzir 10% no sedentarismo e 5% em

ativos (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Estudos encontraram resultados relevantes sobre o VO_{2max} após intervenções. Ahmaidi *et al.* (1998) obtiveram um aumento significativo no VO_{2max} absoluto e relativo, de 1,77 a 2,11 $l.min^{-1}$ ($p<.01$) e de 25,42 a 30,63 $ml.kg.min^{-1}$ ($p<.01$), respectivamente. Pichot *et al.* (2005) também demonstraram diferenças significativas. Os autores encontraram um aumento de 18,6% nos valores relativos de VO_{2max} ($26,84 \pm 4,38$ para $31,82 \pm 5,15 ml.kg.min^{-1}$, $p<.01$) e observaram resultados relevantes no VO_{2max} absoluto ($p<.01$), porém os valores exatos não foram expostos. Lepretre *et al.* (2009) encontraram um aumento de 14,9% em relação ao ano anterior. VO_{2max} para homens ($27,0 \pm 5,1$ para $29,9 \pm 4,5 ml.kg.min^{-1}$, $p<.05$) e 14,5% para as mulheres ($18,6 \pm 3,6$ para $21,1 \pm 3,7 ml.kg.min^{-1}$, $p<.05$). Entretanto, estes autores não observaram diferenças intergrupos ($p=.237$). Molmen *et al.* (2012) conduziram a investigação sobre VO_{2max} de homens ($n= 10$) e mulheres ($n= 6$) e encontraram resultados significativos. Nas análises para homens, VO_{2max} mudou de $35,0 \pm 5,0$ para $39,0 \pm 7,2 ml.kg.min^{-1}$ ($p<.01$) e, ao considerar o grupo que contém homens e mulheres, foi encontrado um aumento de 15% no VO_{2max} após as intervenções, de $32,5 \pm 5,5$ para $37,0 \pm 6,1 ml.kg.min^{-1}$ ($p<.01$). Portanto, conclui-se que, conforme apresentado nos estudos investigados, o TI é um importante interveniente no VO_{2max} com suas diferentes variações de protocolo.

3.4. DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo verificar a eficiência do TI em variáveis cardiovasculares e cardiorrespiratórias, mais especificamente FC_R , VFC, PAS, PAD, PAM, AB e VO_{2max} . Estes agem diretamente sobre a cardioproteção. Identificamos 1.140 artigos, mas apenas seis estudos se encaixam em nosso propósito (ADAMSON *et al.*, 2019; AHMAIDI *et al.*, 1998; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007; PICHOT *et al.*, 2005). A partir destes resultados, é válido afirmar que há uma limitação significativa de estudos relacionados com a população idosa submetida à TI. Esta escassez de estudos relacionados com o tema da presente revisão corroboram com outro estudo (FERREIRA; RODRIGUES; SOARES, 2017) que visavam selecionar estudos que intervissem com treinamento aeróbico na VFC em idosos e, encontrou apenas sete estudos

para uma revisão sistemática. Tendo em vista nossas constatações, é necessário afirmar que os estudos selecionados obtiveram resultados positivos em variáveis cardiovasculares e cardiorrespiratórias. Em relação às variáveis sistema cardiovascular, os estudos selecionados apresentaram importantes resultados do TI sobre as respostas hemodinâmicas (ADAMSON *et al.*, 2019; AHMAIDI *et al.*, 1998; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007; PICHOT *et al.*, 2005) e variáveis autonômicas (PICHOT *et al.*, 2005). Em relação ao VO_{2max} , os estudos também mostraram melhorias após intervenções distintas utilizando TI (AHMAIDI *et al.*, 1998; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; PICHOT *et al.*, 2005). Isto demonstra a potencialidade da TI nas principais variáveis cardiovasculares e cardiorrespiratórias, estas sendo FC, VFC, PAS, PAD, PAM, AB, e VO_{2max} que, em de forma integrada, age de forma direta e decisiva sobre a eficiência e equilíbrio do sistema cardiovascular.

FC é um importante preditor da saúde cardiovascular (OGLIARI *et al.*, 2015) e nossas conclusões reforçam a hipótese de que o TI é eficiente no comportamento de FC (PICHOT *et al.*, 2005). Estudos melhoraram de 3 (NEMOTO *et al.*, 2007) a 10 batimentos (MOLMEN *et al.*, 2012) nos idosos pesquisados. Sobre VFC, apenas um estudo (PICHOT *et al.*, 2005) investigou esta variável que indica o nível de saúde cardiovascular e possíveis riscos deste sistema (GEUS *et al.*, 2019; YOUNG; BENTON, 2018). Entretanto, no estudo de Pichot *et al.* (2005), melhoras em tempo entre um ciclo cardíaco e outro de 7,7% (RR) foram observados. Na análise do domínio do tempo, foram encontradas melhorias em índices de desempenho parassimpático (RMSSD). Em relação ao índice PNN50% que está relacionado com a reativação parassimpática, não foram encontradas diferenças estatísticas ($p > .05$). Foi encontrado uma redução nos valores do índice SDNN que está relacionada tanto a ações autonômicas simpáticas quanto parassimpáticas. Além disso, a redução deste índice é uma consequência do papel do sistema parassimpático na promoção do equilíbrio e controle cardiovascular. No domínio da frequência, todos os índices foram melhorados. No LF (simpático-parassimpático) houve uma redução significativa, demonstrando uma redução positiva do desempenho parassimpático. Em relação à HF, que está relacionada para a ação

parassimpática, houve um aumento significativo. Consolidando a eficiência de TI sobre VFC nos idosos, Pichot *et al.* (2005) encontraram uma redução de 19,1% nos valores de LF/HF, demonstrando que a intervenção foi eficiente na modulação autonômica.

Em relação à PA, um dos fatores que faz essa funcionalidade piorar é a rigidez arterial causada pelo processo de envelhecimento (FIGUEROA *et al.*, 2009), refletindo assim a ineficiência funcional e que prejudica o sistema cardiovascular (DELEY; PICARD; TAYLOR, 2009). Entretanto, esta revisão mostrou que o TI é uma grande intervenção em melhora hemodinâmica. Dos cinco estudos selecionados investigando a funcionalidade hemodinâmica, três obtiveram resultados positivos após suas intervenções na PAS e PAD (ADAMSON *et al.*, 2019; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007). Pichot *et al.* (2005) e Lepretre *et al.* (2009) não observaram diferenças estatísticas nestas medidas. Em relação ao PAM, Pichot *et al.* (2005) também não apresentaram diferenças significativas, mas Adamson *et al.* (2019) alcançaram resultados positivos. Entretanto, podemos dizer que o TI é uma metodologia eficiente para a melhoria hemodinâmica. Em relação à integração dos sistemas autonômico e hemodinâmico, AB é o indicador da condição cardiovascular neste aspecto. Entretanto, apenas Pichot *et al.* (2005) avaliaram este comportamento utilizando a VFC e PAS, encontrando resultados positivos após intervenções. Os pesquisadores utilizaram os métodos de sequência e espectral, encontrando diferenças significativas em ambos (40% e 52%, respectivamente), demonstrando que o TI é um excelente método para melhorar esta medida de grande importância no controle e equilíbrio do sistema cardiovascular (DELEY; PICARD; TAYLOR, 2009).

No VO_{2max} todos os estudos que realizaram esta medida obtiveram resultados positivos (AHMAIDI *et al.*, 1998; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; PICHOT *et al.*, 2005). Os aumentos foram de 15 a 18,6%, que são de grande valor, considerando que no processo de envelhecimento a redução da capacidade aeróbica pode ser de 10% para sedentários e 5% para aqueles que são ativos (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Dentre estes estudos, todos mediram o VO_{2max} diretamente (analisadores de gás), determinando a confiabilidade dos dados obtidos e que a TI é eficiente para melhorar a capacidade cardiorrespiratória, que

é um determinante importante da saúde cardiovascular em os idosos (KODAMA *et al.*, 2009).

Os mecanismos relacionados as melhoras hemodinâmica, autonômica e cardiorrespiratórias podem ser devidas as alterações hormonais, mudanças neurais, metabólicas e estruturais causadas por diferentes estímulos do TI. Na condição hemodinâmica, a TI equilibra a renina angiotensina permitindo um melhor comportamento da PAS e PAD (PICHOT *et al.*, 2005). Outros fatores benéficos do TI é a redução da rigidez arterial e melhora da função endotelial e do volume plasmático (ADAMSON *et al.*, 2019; MOLMEN *et al.*, 2012). Desta forma, o comportamento da PA torna-se melhor tanto na condição de exercício quanto em repouso. FC acomete redução causada naturalmente devido ao envelhecimento. Mas é sugerido que a TI atua na melhoria do condicionamento cardíaco, interferindo com eficiência atrioventricular (MOLMEN *et al.*, 2012). Em relação ao controle neural sobre a condição cardiovascular, especula-se que repetidas séries de esforço e recuperação promovem estímulos capaz de alterar a atividade do sistema nervoso autonômico, que cronicamente pode melhorar o funcionamento neurocárdico sendo sinalizado por uma VFC superior e uma AB melhor e, estas características são considerados como excelentes marcadores da integração do sistema autonômico e hemodinâmico (PICHOT *et al.*, 2005). Consequentemente, quanto maior a proporção, melhor será *status* condicional do sistema cardiovascular. Pichot *et al.* (2005), através da análise de VFC e AB, observou melhores respostas parassimpáticas após a intervenção de TI. Isto sugere que a idade avançada não é um fator limitador para adaptações no sistema nervoso autonômico, mais especificamente em uma população com uma idade média de 73 anos. Com relação à aptidão cardiorrespiratória, o processo de envelhecimento promove declínio considerável tanto para indivíduos sedentários quanto ativos (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Entretanto, o TI pode permitir um aumento do VO_{2max} para a população idosa. Esta melhora pode ocorrer devido à maior densidade capilar e mitocondrial (NEMOTO *et al.*, 2007). Outros fatores relacionados ao aumento do $VO_{2máx}$ nos idosos é que a TI promove mais eficiência na relação entre o transporte e o consumo de O_2 por parte de quantidades de hemoglobina circulante e

melhor condição muscular (LEPRETTE *et al.*, 2009). No entanto, parece que melhoras hemodinâmicas, autonômicas e cardiorrespiratórias em idosos são acionados de forma integrada.

Todos os estudos aplicaram TI com diferentes protocolos em termos de estímulo e recuperação. Há uma dificuldade em determinar quais o tipo de intervalado (intensivo ou extensivo) é mais produtivo. Neste estudo, Pichot *et al.* (2005) demonstraram resultados relevantes com um protocolo de características extensiva. No entanto, Adamson *et al.* (2019), usando um protocolo intensivo, também alcançaram grandes resultados. O importante é identificar qual nível de condicionamento é necessário para a aplicação correta e eficaz dos diferentes protocolos de TI. Para os idosos, a TI pode ser uma ótima opção para variação da prescrição, sendo uma atividade com grande potencial de motivação. Além disso, a exposição à intensidade é menor, o que pode preservar os idosos de sobrecargas de tecidos e sistemas. Nesta revisão, apenas um estudo descreveu positivamente a aderência e que nenhum indivíduo foi lesionado (AHMAIDI *et al.*, 1998). Com relação ao público idoso, mais informações são necessárias para materializar ainda mais os dados obtidos por esta revisão. Nossas constatações demonstram que há uma necessidade de mais investigação de variáveis cardioprotetoras na intervenção de TI com os idosos, atenuando assim as lacunas existentes sobre este tópico. Entretanto, os estudos selecionados mostraram resultados positivos nas medidas avaliadas. Sugere-se que estas conclusões dependem de um desempenho multifatorial, tais como tempo de estímulo, recuperação, intervenção, nível de condicionamento dos idosos, e outros fatores metodológicos. Assim, a intensidade não é o único fator que determina as alterações hemodinâmicas, autonômicas e cardiorrespiratórias.

3.5. CONCLUSÃO

O treinamento intervalado mostrou-se aqui ser um método não medicamentoso eficiente que pode ser usado para melhorar a saúde cardiovascular e cardiorrespiratória da população idosa. Dos seis estudos selecionados, diferentes resultados foram possivelmente encontrados devido à abordagem metodológica aplicada por cada pesquisa, mas mesmo com

alguns resultados discretos, pode ser incluído na prescrição de treinamento aeróbico para os idosos, a fim de obter melhorias condicionais no sistema cardiovascular, sendo assim uma importante intervenção para este público.

4. ESTUDO IV

Oito semanas de treinamento intervalado não melhoraram variáveis cardiovasculares em idosos

Este estudo passou pelo processo de revisão por pares e foi publicado no *The Open Sports Sciences Journal* (APÊNDICE D)

Qualis: B1 Fator de Impacto: 0,5

4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

Verificar os efeitos de oito semanas de treinamento intervalado com diferentes intensidades sobre a função hemodinâmica e autonômica em idosos.

4.2. MÉTODOS

4.2.1. Participantes

A amostra consistiu de 24 homens idosos (idade: $68,8 \pm 6,8$ anos, massa corporal: $74,4 \pm 18,1$ kg, altura: $1,70 \pm 0,8$ m; IMC: $25,1 \pm 2,2$) fisicamente ativos (Tabela 1) com histórico em exercício físico em no mínimo 6 meses (todos praticantes de hidroginástica). Critérios de inclusão foram homens idosos praticantes regulares de atividade física, exceto para exercícios aeróbicos e tendo o mínimo condições físicas para realizar a intervenção proposta pelo estudo. Os critérios de exclusão foram o uso de drogas ou recursos ergogênicos que poderiam influenciar nos resultados esperados e apresentando distúrbios musculares que poderiam comprometer o treinamento. Depois de explicar os riscos e benefícios da pesquisa, os participantes preencheram o Questionário Prontidão para Atividade Física (PAR-Q). Eles assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido sob a Resolução 466 de 2012 de Conselho Nacional de Saúde (BRASIL), 2016 e resolução Helsinki's. O estudo foi aprovado pelo Conselho de Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Salgado de Oliveira, sob o registro: CAAE: 48827415.8.0000.5289.

Tabela 1. Características antropométricas da amostra selecionada para cada grupo

Variáveis	GT _A	GT _B	GC
Idade (anos)	65±4.3	73,1±7,2	68,2±6,6
Peso (kg)	81,9±13.1	74,2±7,3	75,8±5,2
Altura (m)	1,71±0.06	1,69±0,06	1,71±0,04
IMC (kg/m ²)	27,8±1.4	25,8±1,2	26,8±1,4

4.2.2. Desenho experimental

Os participantes foram randomizados em 3 grupos experimentais: grupo de treinamento A (GT_A, n = 8), grupo de treinamento B (GT_B, n = 8) e grupo de controle (GC, n = 8). Para os grupos treinamentos, as intervenções foram desenvolvidas por 16 sessões, sendo 2 a 3 sessões semanais, com 48 horas entre uma e outra. As avaliações foram realizadas no momento pré (*baseline*) e após a oitava semana de intervenção. O grupo controle não realizou qualquer intervenção e continuaram com suas atividades diárias em casa, mas sem realizar atividades como caminhar, ciclismo, ou outras atividades que poderiam interferir com o índice de aptidão física já existente nesses indivíduos. No entanto, eles realizaram as avaliações no mesmo período que os grupos treinamentos.

4.2.3. Análises das variáveis hemodinâmicas e autonômicas

Para a avaliação hemodinâmica, valores da frequência cardíaca de repouso (FC_R), pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) foram analisados. Os valores de pressão arterial (PA) foram coletados a partir do braço esquerdo (KURTZ *et al.*, 2005). As variáveis foram analisadas em 10 minutos com os sujeitos em repouso e em uma posição sentada. Para FC_R, PAS, e PAD, a média do 8º e 9º minutos de medição foram utilizadas. Após a determinação dos dados da PA, a pressão arterial média (PAM) foi calculada usando a fórmula $PAM = PAS + (PAD \times 2) / 3$. Então, usando FC_R e PAS, o duplo produto (DP) foi calculado usando a equação: $[FC \text{ (bpm)} \times PAS \text{ (mmHg)}]$. O DP representa a carga de

trabalho do coração ou a demanda de oxigênio e é considerada uma referência não-invasiva para sobrecarga cardíaca (ANSARI *et al.*, 2012).

A análise autonômica através do comportamento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), medida em uma janela de 5 minutos a 10 minutos com o indivíduo, também em uma posição sentada. A média e o tempo índices (RR, RMSSD e SDNN) e frequência (LF, HF e LF/HF) foram considerados. O domínio temporal foi RR padrão (tempo entre batimentos cardíacos e outros). Os demais índices das flutuações na duração dos ciclos cardíacos foram calculados, sendo RMSSD (raiz quadrada da média quadrada das diferenças entre os intervalos RR padrão adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms) e o SDNN (desvio padrão de todos os intervalos RR normais registrados em um tempo intervalo, mostrado em ms). O RMSSD representa a atividade parassimpática e o SDNN representa uma atividade global (simpática e parassimpática).

Para a análise da VFC no domínio da frequência, foram utilizados os componentes de baixa frequência (Low Frequency - LF), que correspondem à ação conjunta do parassimpático e simpáticos no coração com predominância no componente simpático e, o componente de alta frequência (High Frequency - HF), correspondendo a uma modulação respiratória e representando a ativação do nervo vago (parassimpático). Finalmente, utilizamos a relação LF / HF que representa o equilíbrio simpático-vagal (LABORDE; MOSLEY; THAYER, 2017; VANDERLEI *et al.*, 2009). Um relógio POLAR RS800CX[®] (Multisport, Kempele, Finlândia)[™] (QUINTANA; HEATHERS; KEMP, 2012) foi usado para coletar FC e VFC. Para a análise da PA, um dispositivo oscilométrico digital da marca OMRON M6[®] (HEM-7001- E)[™] (TOPOUCHIAN *et al.*, 2006) foi utilizado. Para a tratamento de VFC, os dados foram transferidos para o computador e anexado ao Polar Trainer 5 Software[®]. Procedimentos de correção para todos os dados foram realizados nesta plataforma e posteriormente arquivados no formato TXT para o início do tratamento no Kubios HRV Standart Software[®], versão 3.3.1.

4.3.4. Protocolos de treinamento

O protocolo de treinamento intervalado era realizado duas vezes por semana, por oito semanas, para ambos os grupos experimentais, mas com diferentes intensidades. As intensidades foram controladas através de cálculos com base na frequência cardíaca máxima (FC_{Max}), ajustada com a frequência cardíaca de reserva (FC_{Res}) (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001). O protocolo do TG_A foi realizado para 4 minutos com intensidade relativa a 55 a 60% de FC_{Res} e 1 minuto a 70 a 75% da FC_{Res} . O grupo de treinamento TG_B , por sua vez, realizou o mesmo protocolo, mas por 4 minutos a 45 a 50% de FC_{Res} e 1 minuto a 60 a 65% da FC_{Res} . Nos dois grupos treinamentos (A e B), cada sequência de 4 minutos por 1 minuto, foi considerado um bloco, representando um total de 6 blocos. A duração foi de equivalente a 30 minutos. No final de cada bloco, a PE foi medida (BORG, 1982) para auxiliar no controle de intensidade proposta (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010). Todas as sessões de treinamento foram realizadas em uma esteira da a marca MOVEMENT[®] (RT 250)[™].

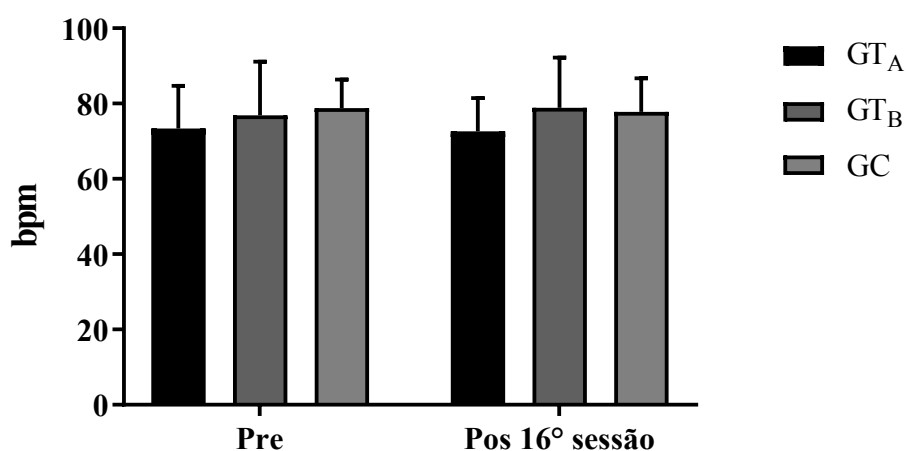
4.4.5. Análises estatísticas

Na análise descritiva, as médias e o desvio padrão das variáveis hemodinâmicas e autonômicas foram calculadas. A normalidade não foi rejeitada pela Shapiro-Wilk teste, bem como pela análise do histograma e Q-Q Plot, a homoscedasticidade foi confirmada pelo teste "Mauchly". Este sugere uma distribuição normal dos dados coletados, o que implicou na possibilidade de tratamento inferencial paramétrico. A análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas foi aplicada para testar os efeitos principais e de interação. O teste de Tukey para comparações múltiplas foi aplicado para observar as comparações inter e intragrupos. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SPSS versão 21 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA), com um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Para calcular o tamanho da amostra, utilizamos o software GPower 3.1.

4.5. RESULTADOS

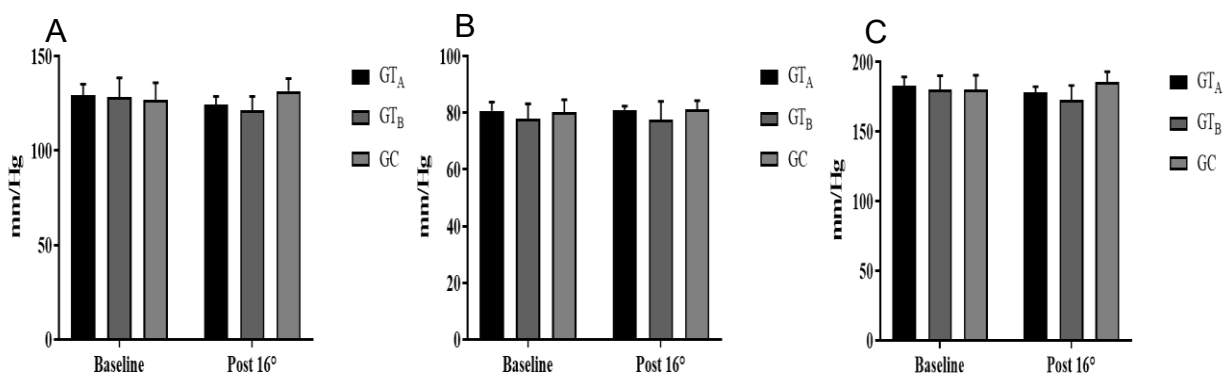
Não houve interação entre grupos para nenhuma das variáveis avaliadas ($p > .05$). Para análise hemodinâmica, FC_R , PAS, PAD, PAM e DP foram utilizados. Para FC_R (Figura 1), não houve interação entre grupos ($p = .912$). Da mesma forma, não houve diferença significativa na comparação anterior e após intervenção para GT_A ($p > .999$), GT_B ($p = .999$) e GC ($p > .999$).

Figura 1. Frequência cardíaca de repouso antes e após as intervenções para todos os grupos.



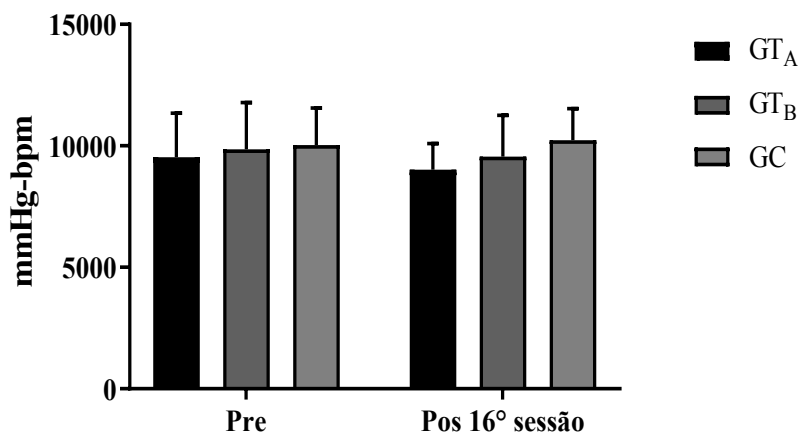
Em relação à PAS (Figura 2A) e PAD (Figura 2B), também não houve interações entre grupos ($p = .077$ e $p = .979$), respectivamente). Em relação as comparações pré e pós-intervenção, não foi observada diferença significativa para nenhum grupo. Os valores da PAS e PAD para os grupos foram: GT_A ($p = .768$ e $p > .999$, respectivamente), GT_B ($p = .441$ e $p > .999$, respectivamente) e GC ($p = .821$ e $p = .997$, respectivamente). Além disso, PAM ($PAM = PAS + (PAD \times 2) / 3$) e DP ($DP = FC \times PAS$) foram calculados. Em relação ao PAM (Figura 2C), não houve interação entre grupos ($p = .954$), assim como nenhuma diferença significativa foi observado antes e depois da intervenção para GT_A ($p = .864$), GT_B ($p = .533$) e GC ($p = .803$).

Figura 2. Pressão arterial sistólica (A), diastólica (B) e média (C), antes e após as intervenções para todos os grupos.



Em relação ao DP (Figura 3), os resultados seguiram as mesmas direções. Não houve interação entre os grupos ($p=.813$) e não houve diferença significativa antes e depois intervenção para todos os grupos (GT_A: $p=.987$, GT_B: $p=.998$ e GC: $p=.999$).

Figura 3. Duplo produto antes e após as intervenções para todos os grupos.



Quanto à avaliação autonômica (Tabela 2), não houve interações entre os grupos para nenhum dos índices avaliados, sendo RR ($p=.975$), RMSSD ($p=.937$), SDNN ($p=.805$), LF ($p=.418$), HF ($p=.607$) e LF / HF ($p=.187$). Em relação à pré e pós-intervenção análises, também não houve diferença significativa nos índices para GT_A, GT_B e GC ($p>.05$).

Tabela 2. Variabilidade do ritmo cardíaco no tempo e frequência domínio, pré e pós-intervenção para GT_A, GT_B, e GC em média e desvio padrão.

Índices	GT _A			GT _B			GC		
	Pre	Pós	p	Pre	Pós	p	Pre	Pós	p
RR (ms)	832.11±127.02	850.75±90.05	<i>p</i> =.999	825.82±143.43	848.50±114.83	<i>p</i> =.997	768.45±50.37	775.33±64.16	<i>p</i> >.999
RMSD (ms)	16.82±10.39	14.65±5.06	<i>p</i> =.999	24.33±26.54	23.82±27.69	<i>p</i> >.999	22.75±12.94	25.06±11.85	<i>p</i> =.999
SDNN (ms)	40.72±13.59	39.85±15.61	<i>p</i> >.999	42.15±30.58	52.82±35.58	<i>p</i> =.955	49.18±19.96	55.83±27.64	<i>p</i> =.994
LF (n.u.)	73.08±28.08	69.28±28.11	<i>p</i> =.999	86.60±6.67	75.82±12.47	<i>p</i> =.973	74.88±19.58	85.60±19.81	<i>p</i> =.902
HF (n.u.)	26.97±28.04	30.68±28.12	<i>p</i> =.999	16.40±6.67	22.96±10.06	<i>p</i> =.985	25.11±19.58	18.32±15.67	<i>p</i> =.982
LF/HF (n.u.)	6.22±4.72	4.69±4.01	<i>p</i> =.963	5.79±2.02	4.61±3.80	<i>p</i> =.988	5.45±4.31	5.46±3.02	<i>p</i> >.999

RR= Tempo entre dois batimentos cardíacos adjacentes; **RMSD**= Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças sucessivas entre os intervalos normais RR adjacentes; **SDNN**= Desvio padrão de todos os intervalos normais RR registrados em um intervalo de tempo; **LF**= Baixa frequência; **HF**= Alta frequência; **LF/HF**= Relação baixa frequência/alta frequência

4.6. DISCUSSÃO

De acordo com posicionamentos globais (ACSM, 2013), anormalidades funcionais em variáveis cardiovasculares são as principais causas de doença e morte no mundo, especialmente nos idosos (WILLIAMS *et al.*, 2018). Este estudo teve como objetivo verificar os efeitos de oito semanas de treinamento intervalado com diferentes intensidades na função hemodinâmica e autonômica. Variáveis hemodinâmicas (FC_R , PAS, PAD, PAM e DP) e variáveis autonômicas (VFC) foram avaliadas. A intervenção foi realizada, compreendendo oito semanas de treinamento intervalado para dois grupos de treinamento (TG_A e TG_B). O CG não realizou a prática, mas as avaliações deste grupo foram realizadas no mesmo período que os grupos experimentais

O GT_A executou o protocolo de TI que era composto de seis série de 4 minutos a 55-60% da FC_{Res} e 1 minuto a 70-75% de FC_{Res} . O TG_B realizou o mesmo número de séries, mas 4 minutos a 45-50% da FC_{Res} com 1 minuto a 60-65% da FC_{Res} . Portanto, o GT_B realizou intervenções com menos intensidades. Ao completar as 16 sessões propostas pelo estudo, os resultados demonstraram que ambos os grupos de treinamento alcançaram resultados similares, sem diferenças significativas entre os grupos. ($p>05$). No mesmo sentido, os resultados intragrupos também não mostraram diferenças significativas ($p>.05$) para todas as variáveis avaliadas. A organização das análises e intervenções no presente estudo foram similares às de Pichot *et al.* (2005). No entanto, nessa pesquisa, os autores realizaram as intervenções com apenas um grupo, durante 14 semanas, tendo quatro sessões por semana e o protocolo foi realizado em um ciclo ergômetro contendo nove séries de 4 minutos a 65% de FC_{max} e 1 minuto a 85% da FC_{max} , totalizando um volume de 45 minutos. No presente estudo, as intervenções foram realizadas em uma esteira, correspondente a 16 sessões distribuídas em 8 semanas (2 sessões por semana). O tempo de recuperação (4 minutos) e o tempo de estimulação (1 minuto) foram os mesmos de Pichot *et al.* (2005), entretanto, a intervenção foi realizada em 6 séries, totalizando 30 minutos de treinamento, e em 3 grupos diferentes, dois treinamentos (GT_A e GT_B) e um controle (GC).

Na análise hemodinâmica, os estudos interviram com o TI observaram resultados positivos. Pichot *et al.* (2005) demonstraram melhoras em FC_R , PAS, PAD e PAM ($p < .05$). Molmen *et al.* (2012) aplicaram a TI a idosos ativos e pessoas sedentárias. E observaram melhoras em FC_R , PAS e PAD ($p < .05$) após 12 semanas de intervenção com três sessões semanais. Nemoto *et al.* (2007) conseguiram melhorar o FC_R , PAS, e PAD de mulheres após cinco meses de intervenção com TI usando a caminhada como atividade, 2 a 4 vezes por semana. No presente estudo, optamos por controlar o tempo de sessão através do número de sessões realizadas, mas não menos de duas e mais do que três sessões por semana. De acordo com os estudos mencionados acima, parece que um tempo de intervenção total mais longo é um fator indispensável para a melhora da função cardiovascular.

Com relação ao número de sessões por semana, o estudo realizado por Leprete *et al.* (2009), como o presente estudo, não alcançou melhoras hemodinâmicas em um período de dois vezes por semana, mesmo aplicando nove semanas de intervenção e demonstrando que o número de sessões semanais também pode interferir diretamente nas respostas cardiovasculares. O presente estudo avaliou o DP e o PAM e, parece que estas variáveis dependem de melhoras da FC_R e PA (PICHOT *et al.*, 2005), pois, nossas descobertas seguiram a lógica comportamental destas variáveis. Em relação a análise autonômica, parece que o TI é um método eficiente para promover melhoras. Além do estudo de Pichot *et al.* (2005), outros experimentos também obtiveram respostas positivas em VFC ($p < .05$) após a intervenção com TI (VANZELLA; DAGOSTINHO; *et al.*, 2019; VANZELLA; LINARES; *et al.*, 2019).

Quanto à intensidade, parece que as intensidades de estímulo elevadas podem melhorar as funções hemodinâmicas em homens e mulheres com duas sessões por semana (ADAMSON *et al.*, 2019). No entanto, os resultados referentes a intensidade do estímulo na intervenção de TI para os idosos ainda são inconclusivas. Estudos mostraram respostas positivas com intensidades abaixo limiar (VANZELLA; LINARES; *et al.*, 2019). Neste estudo, a intervenção de TI foi realizada em dois grupos (GT_A e GT_B), com intensidades diferentes, 70-75% de FC_{Res} (GT_A), e 60-65% de FC_{Res} (GT_B). O objetivo era investigar se

estas diferentes intensidades em 1 minuto de estímulo, poderia ter resultados positivos em respostas hemodinâmicas e autonômicas. Desta forma, a TI poderia ser efetivamente utilizada como um método para melhorar a saúde dos idosos sem que apresentem quaisquer riscos à saúde, como muitas pessoas mais velhas são restritas a suportar intensidades elevadas para um determinado tempo de estímulo. Também, nosso objetivo era descobrir se a intervenção de 8 semanas poderia causar mudanças positivas na hemodinâmica e comportamento autonômico de pessoas idosas ativas. Assim, poderíamos sugerir que, para esta população, intensidades mais baixas em 8 semanas, poderia gerar respostas positivas, especialmente em FC_R , VFC, e a PA. No entanto, para estas intensidades, talvez um período mais longo de intervenção pode ser mais adequado para o aparecimento de melhoras nestas variáveis. Pois, não obtivemos resultados estatisticamente significativos.

Os possíveis mecanismos de respostas obtidos nos idosos ainda são incertos, mas plausíveis. Alguns problemas nas adaptações cardiovasculares podem ser afetados nos idosos, tais como adaptações centrais e funções periféricas. O estímulo aeróbico pode reduzir o nível de plasma de renina, refletindo no sistema renina angiotensina, melhorando a atividade barorreflexa, e conseqüentemente, o comportamento da PA, FC_R e VFC (BENDA *et al.*, 2015; PICHOT *et al.*, 2005). As melhoras na densidade capilar, função endotelial e no fornecimento de oxigênio aos tecidos são fatores que podem influenciar no desenvolvimento hemodinâmico e autonômico (ADAMSON *et al.*, 2019; BOIDIN *et al.*, 2019; NEMOTO *et al.*, 2007). Além disso, o TI pode ajudar a melhorar a hemoglobina e a mioglobina plasmática volumes nos músculos e aumentar a capacidade muscular, positivamente impactando todo o sistema cardiovascular (LEPRETRE *et al.*, 2009). Todas estas funções fisiológicas são mais difíceis nos idosos devido ao processo de envelhecimento, sendo diretamente dependente do nível de condicionamento físico. Portanto, pode ser concluído que o exercício físico regular é essencial (FLETCHER *et al.*, 2018; LAVIE *et al.*, 2015).

O presente estudo tem algumas limitações, que podem ter influenciaram os resultados obtidos. O número de participantes poderia ter sido maior. O cálculo do tamanho da amostra determinou 12 participantes para cada grupo, mas devido à dificuldade de encontrar pessoas

idosas saudáveis disponíveis para pesquisa, 8 participantes foram selecionados para cada grupo. Poderíamos ter realizado as intervenções em dois grupos (1 grupo de treinamento e 1 grupo controle), desta forma, a amostra estaria de acordo com o cálculo. Mas nosso objetivo era comparar diferentes intensidades de estímulos, entre diferentes grupos de treinamento, além do grupo de controle, para demonstrar o potencial de cada nível de intensidade e, portanto, proporcionar possíveis informações para esta população, em intervenção com o TI.

Outra limitação possível é o tempo de estímulo de 1 minutos para as intensidades utilizadas nos grupos treinamentos, que podem não têm sido suficientes para gerar adaptações fisiológicas no sistema cardiovascular. O objetivo do estudo era fazer todas as pessoas mais velhas realizarem três sessões por semana, mas levando em conta as exigências dos participantes, este objetivo foi difícil de alcançar. Foi determinado então que não poderia ser menos de duas vezes por semana, mas reconhecemos que este também foi um fator limitante do estudo.

4.7. CONCLUSÃO

A intervenção proposta não apresentou diferenças estatísticas em variáveis hemodinâmicas e autonômicas. Como os sujeitos eram idosos, parece que esta população necessita de uma intervenção com maior frequência por semana, maior tempo de intervenção e talvez, intensidades mais elevadas para a observação de resultados mais relevantes em termos de comparação estatística. Portanto, é essencial enfatizar que para realizar uma intervenção de treinamento com o idosos, é necessário avaliar cada indivíduo em necessidades do treinamento levando em conta as intensidades, volumes e tempos de intervenção ainda mais longos.

5. ESTUDO V

Efeitos crônicos de diferentes intensidades de treinamento intervalado sobre variáveis hemodinâmicas, autonômicas e cardiorrespiratórias de pessoas idosas fisicamente ativas

Este estudo passou pelo processo de revisão por pares e foi publicado no *International Journal of Environmental Research and Public Health* (APÊNDICE E)

Qualis: A1 Fator de Impacto:

5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

Verificar os efeitos crônicos do treinamento intervalado com diferentes intensidades sobre as variáveis hemodinâmicas, autonômicas e cardiorrespiratória de pessoas idosas fisicamente ativas

5.2. MÉTODOS

5.2.1. Participantes

Foi realizado um cálculo de amostra (G*power) (FAUL *et al.*, 2009), antecipando um tamanho de efeito "grande" ($f = 0,4$), com um $\alpha = .05$, um poder estatístico de $(1 - \beta) = .95$, as variáveis dependentes correlacionadas com um $r = .50$ e uma violação da esfericidade (ϵ) = .80. Exigiu um tamanho total de amostra de 21 indivíduos e possibilitou um poder de .95. O tamanho do efeito sugerido e os parâmetros restantes foram definidos de acordo com estudos similares que avaliaram mudanças nas variáveis cardioprotetoras durante protocolos de exercício em idosos (ADAMSON *et al.*, 2019; PICHOT *et al.*, 2005; POON, E.T.C. *et al.*, 2021). Assim, a amostra consistiu de 24 homens idosos (idade: $68,8 \pm 6,8$ anos, massa corporal: $74,4 \pm 18,1$ kg, altura: $1,70 \pm 0,8$ m; IMC: $25,1 \pm 2,2$) fisicamente ativos (Tabela 1) com histórico em exercício físico em no mínimo 6 meses (todos praticantes de hidroginástica). Quanto à seleção dos participantes, foram consideradas as seguintes condições: homens idosos (igual ou acima de 60 anos), praticantes regulares de atividade física, mas com gasto de energia relativamente baixo e abaixo do tempo mínimo de atividade

por semana (150 minutos), 2 a 3 vezes por semana, 1 hora por sessão. Estas atividades não deveriam ser relacionadas ao treinamento aeróbico com a mesma característica a ser aplicada neste estudo e todos deveriam ter condições físicas competentes para realizar a intervenção proposta pelo estudo. Por outro lado, os critérios de exclusão foram quaisquer medicamentos farmacológicos e recursos ergogênicos (medicamentos para controle da pressão arterial, beta-bloqueadores, entre outros relacionados ao controle cardiovascular e cardiorrespiratório) que poderiam influenciar os resultados esperados e que estivesse apresentando de alguma forma, distúrbios músculo-esqueléticos que comprometessem o treinamento. Além disso, todos os participantes receberam a recomendação de não comer alimentos que pudessem interferir nas respostas cardiovasculares e cardiorrespiratórias (consumo excessivo de sal, cafeína, álcool e alimentos com alto teor calórico, entre outros). Depois de explicar os riscos e benefícios da pesquisa, os participantes preencheram o Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q) e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido seguindo a Declaração de Helsinque, que cumpre a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). O Comitê de Ética e Pesquisa local aprovou-o da Universidade Salgado de Oliveira, Rio de Janeiro, Brasil, registrado com o protocolo: CAAE: 48827415.8.0000.5289.

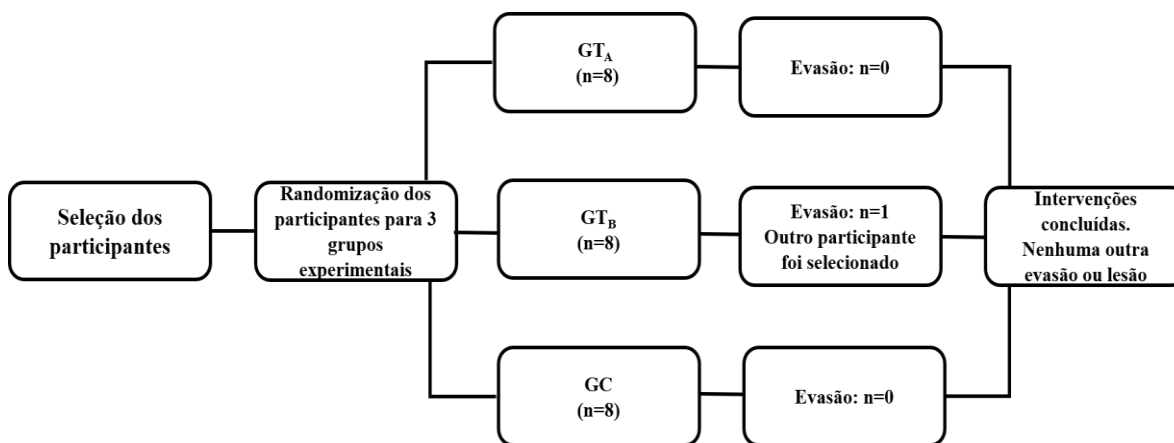
Tabela I. Características antropométricas e variáveis de *baseline* dos participantes.

Variáveis	GT _A	GT _B	GC
	M±DP	M±DP	M±DP
Idade (anos)	65,1 ± 4,3	73,1 ± 7,2	68,2 ± 6,6
Peso (kg)	81,9 ± 13,1	74,2 ± 7,3	75,8 ± 5,2
Altura (m)	1,71 ± 0,06	1,69 ± 0,06	1,71 ± 0,04
IMC (kg/m ²)	27,8 ± 1,4	25,8 ± 1,2	26,8 ± 1,4
FC _R (bpm)	73 ± 11	76 ± 14	78 ± 7
PAS (mm/Hg)	129 ± 5	128 ± 10	126 ± 9
PAD (mm/Hg)	80 ± 3	77 ± 6	80 ± 4

5.2.1. Desenho experimental

Os participantes foram randomizados para 3 grupos experimentais: O grupo de treinamento A (GT_A , $n = 8$), o grupo de treinamento B (GT_B , $n = 8$), e o grupo de controle (GC, $n = 8$). Para os grupos que treinaram, as intervenções foram desenvolvidas para 32 sessões, com um intervalo de 48 horas entre uma e outra sessão. Um dos participantes do grupo GT_B havia suspenso a participação na pesquisa (no início das intervenções) por motivos pessoais. Assim, outros indivíduos foram selecionados para compor o grupo, mantendo o número de indivíduos nos três grupos ($n = 8$). Não houve desistência no GT_A e no GC (Figura 1). As avaliações foram realizadas nos momentos pré (*baseline*) após as 16ª e 32ª sessões de intervenção, sendo estas: hemodinâmica (frequência cardíaca e pressão arterial), autonômica (variabilidade da frequência cardíaca) e cardiorrespiratória ($VO_{2máx}$ estimado). O grupo controle não realizou nenhuma intervenção, eles continuaram com suas atividades domésticas diárias sem realizar atividades como caminhada, ciclismo ou qualquer outra atividade que pudesse interferir no nível de aptidão física já existente nesses indivíduos. Entretanto, eles realizaram as avaliações durante o mesmo período que o grupo de treinamento.

Figura 1. Fluxograma de todo o processo de intervenção para todos os grupos.



5.2.3. Procedimentos

5.2.3.1. Análises das variáveis cardiovasculares e autonômicas

Os valores da pressão arterial (PA) foram coletados no braço esquerdo (KURTZ *et al.*, 2005). Para análise hemodinâmica, foram analisados os valores de frequência cardíaca em repouso (FC_R), pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD). As variáveis foram analisadas em 10 minutos, com os sujeitos descansando na posição sentada. Para HRR, SBP e DBP, foi utilizada a média dos 8º e 9º minutos de medição realizados em 10 minutos. Após a determinação dos dados de PA, a pressão arterial média (PAM) foi calculada usando $PAM = PAS + (PAD \times 2) / 3$. Depois, calculou-se o produto duplo (DP) usando a equação: $[FC_R \text{ (bpm)} \times PAS \text{ (mmHg)}]$. O DP representa a carga de trabalho ou a demanda de oxigênio do coração e é considerado uma referência não invasiva para a sobrecarga cardíaca (ANSARI *et al.*, 2012).

Para a análise autonômica, foi utilizado o comportamento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), medida em uma janela de 5 minutos dentro do período de repouso. Considerando a média e índices do domínio do tempo (RR, RMSSD e SDNN) e frequência (LF, HF e LF / HF), ambos calculados por software específico para este tipo de tratamento (Kubios HRV Standart, 3.3.1). Domínio temporal: RR normal (tempo entre dois batimentos cardíacos adjacentes) e, depois disso, baseado em métodos estatísticos ou geométricos (média, desvio padrão e índices derivados dos intervalos RR do histograma). Os índices de flutuações na duração dos ciclos cardíacos foram calculados, que são o RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças sucessivas entre os intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms) e o SDNN (desvio padrão de todos os intervalos RR normais registrados em um intervalo de tempo, mostrado em ms). O RMSSD representa a atividade parassimpática, e o SDNN representa a atividade simpática e parassimpática, mas não permite distinguir quando as mudanças na VFC são devidas ao aumento do tom simpático ou à retirada do tom vagal (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY, 1996).

Para a análise da VFC no domínio da frequência, foram utilizados componentes de baixa frequência (Low Frequency - LF), que corresponde a ação conjunta do parassimpático e simpático sobre o coração com predominância do simpático e do componente de alta frequência (High Frequency - HF) que corresponde à modulação respiratória e representa a ativação do nervo vago (LABORDE; MOSLEY; THAYER, 2017). Finalmente, utilizamos a relação LF / HF que chamamos de equilíbrio simpático-vagal. Com relação à relação LF / HF como indicador de equilíbrio simpático-vagal, ainda existem controvérsias devido à veracidade deste índice como parâmetro de equilíbrio autonômico (BILLMAN, 2013).

Um relógio POLAR RS800CX (modelo Multisport), Kempele, Finlândia[®] (QUINTANA; HEATHERS; KEMP, 2012) foi usado para coletar FC_R e VFC. Para a análise da PA, foi utilizado um dispositivo oscilométrico digital da marca OMRON M6 (HEM-7001-E)[®] (TOPOUCHIAN *et al.*, 2006). Para tratamento de VFC, os dados foram transferidos para o computador e anexados ao Software Polar Trainer 5[®]. Procedimentos de correção para todos os dados foram realizados nesta plataforma e posteriormente arquivados no formato TXT para o início do tratamento no Kubios HRV Standart Software (usando intervalos entre batidas de 300 segundos), versão 3.3.1. Todos os dados coletados são calculados e apresentados em diferentes padrões para ter interpretações amplas da VFC.

5.2.3.2. Análise estimada do consumo de oxigênio (VO_{2max})

O consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) foi estimado usando o método indireto (OLIVEIRA *et al.*, 2012), que foi avaliado usando o seguinte protocolo: 3 minutos a 5,0 km/h com 1% de inclinação. A partir desta etapa inicial, incrementos de 2% na inclinação (aproximadamente 1 MET) foram administrados a cada minuto com o objetivo de atingir a intensidade mínima de 65% de FC_{Res}. Uma vez alcançada, a inclinação e a velocidade foram mantidas inalteradas por 6 minutos para permitir que o estado estável fosse alcançado (SWAIN *et al.*, 1998). No final desta fase, esperava-se que a HR fosse estabilizada em aproximadamente 70% da FC_{Res}. O critério de interrupção para ambos os testes seguiu as recomendações da ACSM (HEATH, 2005). O VO₂ foi obtido através da equação de

caminhada: $VO_2 = [0,1 (\text{velocidade}) + 1,8 (\text{velocidade}) (\text{inclinação}/100) + 3,5]$, na qual a velocidade é dada em m/min. Finalmente, o $VO_{2\text{max}}$ foi previsto pela equação: $VO_{2\text{max}} = [(VO_2 - 3,5) / \% FC_{\text{Res}} + 3,5]$, em que $VO_{2\text{max}}$ é expresso em $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (HEATH, 2005). O teste foi realizado em uma esteira sob a marca Movement (modelo RT 250)[®].

5.2.3.3. Protocolo de treinamento

O protocolo de treinamento por intervalos foi realizado no mesmo formato para ambos os grupos experimentais, mas com intensidades diferentes. As intensidades foram controladas por cálculos baseados na frequência cardíaca máxima (FC_{max}) (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001), ajustada com a frequência cardíaca de reserva (KARVONEN; KENTALA; MUSTALA, 1957). A GT_A realizou 4 minutos com intensidade relativa a 55 a 60% da frequência cardíaca de reserva (FC_{res}) e 1 minuto a 70 a 75% da FC_{res} . O grupo de treinamento GT_B , por sua vez, realizou o mesmo protocolo, mas realizou 4 minutos a 45 a 50% da FC_{res} e 1 minuto a 60 a 65% da FC_{res} . Cada sequência de 4 minutos por 1 minuto foi considerada um bloco em ambos os grupos de treinamento (A e B), sendo realizado em um total de 6 blocos. Equivalente, portanto, a trinta minutos de duração. Ao final de cada bloco, a percepção do esforço foi coletada (BORG, 1982) (BORG, 1982) para ajudar no controle de intensidade proposto. Todas as sessões de treinamento foram realizadas em uma esteira utilizando a marca Movement (modelo RT 250)[®].

5.2.4. Análises estatísticas

Na análise descritiva, foram calculados as médias e o desvio padrão das variáveis. A normalidade não foi rejeitada pelo teste de Shapiro-Wilk e pela análise de histograma e Q-Q Plot e a homoscedasticidade foi confirmada pelo teste de Mauchly, que sugere uma distribuição normal para os dados coletados, implicando na possibilidade de tratamento inferencial paramétrico. A análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas foi aplicada para testar os efeitos principais e de interação. Além disso, seguindo as recomendações da ACSM (ACSM, 2013), para uma determinação mais clínica dos resultados adquiridos (PESCATELLO *et al.*, 2004), foi aplicado o método de análise do

tamanho do efeito (ES) (COHEN, 1988). Também foi utilizado o cálculo do delta percentual ($\Delta\%$). O ES foi calculado usando a fórmula $d = MD / DP$, onde MD é a diferença média, e DP é o desvio padrão das diferenças. O ES foi definido como *small* (≥ 0.2), *medium* (≥ 0.5), e *large* (≥ 0.8) (COHEN, 1988). O delta percentual de uma variável é calculado usando o valor final (VF) e inicial (VI), onde a fórmula: $\Delta\% = (VF/VI - 1) \times 100$. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SPSS versão 21 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA), com um nível de significância de 5% ($p < .05$). Para o cálculo da amostra, foi utilizado o software GPower 3.1 (FAUL *et al.*, 2009).

5.3. RESULTADOS

O tamanho do efeito, os valores p e $\Delta\%$ para cada condição estão apresentados na tabela 2 (variáveis hemodinâmicas e cardiorrespiratória) e tabela 3 (índices da VFC). Não houve diferenças entre os valores *baseline*. O ES indicou que todos os protocolos experimentais mostraram melhorias nas variáveis pressão arterial com variação entre -0,86 (*Large*) e -1,11 (*Large*), duplo produto com -0,52 (*Medium*), variabilidade de frequência cardíaca com variação entre -0,49 (*Medium*) e -4,00 (*Large*), estimativa de $VO_{2\text{máx}}$ ($\text{ml. kg}^{-1} \text{min}^{-1}$) com variação entre 0,82 (*Large*) e 1,12 (*Large*) quando comparado ao grupo controle. Não houve diferenças significativas ($p > .05$) intra e inter protocolos em nenhum momento para a frequência cardíaca em repouso, pressão arterial, duplo produto, variabilidade da frequência cardíaca e estimativa de $VO_{2\text{máx}}$ ($\text{ml. kg}^{-1} \text{min}^{-1}$).

Tabela 2. Variáveis hemodinâmicas e cardiorrespiratória com valores de *p*, tamanho do efeito e $\Delta\%$ para cada condição.

FC _R	GT _A			GT _B			GC		
	<i>p</i>	ES	$\Delta\%$	<i>p</i>	ES	$\Delta\%$	<i>p</i>	ES	$\Delta\%$
Pós 16°	<i>p</i> =.989	-0.06 (<i>Trivial</i>)	-2%	<i>p</i> =.927	0.14 (<i>Trivial</i>)	3%	<i>p</i> =.981	0.1 (<i>Trivial</i>)	-2%
Pós 32°	<i>p</i> =.782	-0.31 (<i>Small</i>)	-5%	<i>p</i> =.685	-0.31 (<i>Small</i>)	-6%	<i>p</i> =.976	0.14 (<i>Trivial</i>)	-2%
PAS									
Pós 16°	<i>p</i> =.403	-0.86 (<i>Large</i>)	4%	<i>p</i> =.173	0.67 (<i>Medium</i>)	-5%	<i>p</i> =.458	0.51 (<i>Medium</i>)	4%
Pós 32°	<i>p</i> =.219	-1.11 (<i>Large</i>)	6%	<i>p</i> =.718	-0.29 (<i>Small</i>)	-2%	<i>p</i> =.979	0.08 (<i>Trivial</i>)	0.1%
PAD									
Pós 16°	<i>p</i> =.998	0.12 (<i>Trivial</i>)	0.1%	<i>p</i> =.987	-0.04 (<i>Trivial</i>)	-0.1%	<i>p</i> =.987	0.23 (<i>Small</i>)	1%
Pós 32°	<i>p</i> =.995	-0.20 (<i>Small</i>)	-0.1%	<i>p</i> =.999	0.00 (<i>Trivial</i>)	0.1%	<i>p</i> =.998	0.08 (<i>Trivial</i>)	-0.1%
PAM									
Pós 16°	<i>p</i> =.587	0.75 (<i>Medium</i>)	-3%	<i>p</i> =.328	-0.71 (<i>Medium</i>)	-4%	<i>p</i> =.328	0.51 (<i>Medium</i>)	3%
Pós 32°	<i>p</i> =.328	-1.10 (<i>Large</i>)	-4%	<i>p</i> =.819	-0.29 (<i>Small</i>)	-2%	<i>p</i> =.960	0.09 (<i>Trivial</i>)	0.1%
DP									
Pós 16°	<i>p</i> =.913	-0.27 (<i>Small</i>)	-5%	<i>p</i> =.961	-0.15 (<i>Trivial</i>)	-3%	<i>p</i> =.905	0.12 (<i>Trivial</i>)	2%
Pós 32°	<i>p</i> =.733	-0.52 (<i>Medium</i>)	-10%	<i>p</i> =.733	-0.44 (<i>Small</i>)	-9%	<i>p</i> =.942	-0.09 (<i>Trivial</i>)	-1%
VO_{2max}									
Pós 16°	<i>p</i> =.996	0.82 (<i>Large</i>)	11%	<i>p</i> =.995	0.31 (<i>Small</i>)	5%	<i>p</i> =.999	0.00 (<i>Trivial</i>)	0.001%
Pós 32°	<i>p</i> =.992	1.12 (<i>Large</i>)	15%	<i>p</i> =.992	0.38 (<i>Small</i>)	6%	<i>p</i> =.992	0.03 (<i>Trivial</i>)	0.07%

GT_A= Grupo de Treinamento A; GT_B= Grupo de Treinamento B; GC= Grupo de Controle; Pós 16°= Dezesesseis semanas pós-intervenção; Pós 32°= Trinta e duas semanas pós intervenção; FC_R= Frequência Cardíaca em repouso; PAS= Pressão Arterial Sistólica; PAD= Pressão arterial diastólica; PAM= Pressão arterial média; DP= Produto duplo; VO_{2max}= Consumo máximo de oxigênio

Tabela 3. Índices da VFC com valores de p , tamanho do efeito e $\Delta\%$ para cada condição

	GT _A			GT _B			GC		
RR	p	ES	$\Delta\%$	p	ES	$\Delta\%$	p	ES	$\Delta\%$
Pós 16°	$p=.990$	0.14 (<i>Trivial</i>)	2%	$p=.725$	0.26 (<i>Small</i>)	5%	$p=.610$	0.46 (<i>Small</i>)	3%
Pós 32°	$p=.452$	1.36 (<i>Large</i>)	20%	$p=.452$	0.42 (<i>Small</i>)	8%	$p=.452$	0.59 (<i>Medium</i>)	4%
RMSSD									
Pós 16°	$p=.964$	-0.20 (<i>Small</i>)	-12%	$p=.998$	-0.01 (<i>Trivial</i>)	-2%	$p=.959$	0.17 (<i>Trivial</i>)	10%
Pós 32°	$p=.987$	0.12 (<i>Trivial</i>)	11%	$p=.913$	0.12 (<i>Trivial</i>)	14%	$p=.985$	0.10 (<i>Trivial</i>)	6%
SDNN									
Pós 16°	$p=.997$	-0.06 (<i>Trivial</i>)	-2%	$p=.940$	0.34 (<i>Small</i>)	25%	$p=.761$	0.33 (<i>Small</i>)	13%
Pós 32°	$p=.752$	-0.72 (<i>Medium</i>)	-24%	$p=.752$	0.75 (<i>Medium</i>)	54%	$p=.752$	0.34 (<i>Small</i>)	14%
LF									
Pós 16°	$p=.930$	-0.13 (<i>Trivial</i>)	-5%	$p=.920$	-1.16 (<i>Large</i>)	-9%	$p=.381$	0.54 (<i>Medium</i>)	14%
Pós 32°	$p=.381$	-0.49 (<i>Medium</i>)	-19%	$p=.381$	-4.00 (<i>Large</i>)	-32%	$p=.738$	0.30 (<i>Small</i>)	7%
HF									
Pós 16°	$p=.959$	0.13 (<i>Trivial</i>)	14%	$p=.780$	0.98 (<i>Large</i>)	40%	$p=.549$	-0.34 (<i>Small</i>)	-27%
Pós 32°	$p=.549$	0.50 (<i>Medium</i>)	52%	$p=.549$	1.53 (<i>Large</i>)	62%	$p=.694$	-0.27 (<i>Small</i>)	-21%
LF / HF									
Pós 16°	$p=.897$	-0.32 (<i>Small</i>)	-24%	$p=.647$	-0.58 (<i>Medium</i>)	-20%	$p=.435$	1.16 (<i>Large</i>)	91%
Pós 32°	$p=.435$	-0.90 (<i>Large</i>)	-68%	$P=.435$	-0.80 (<i>Large</i>)	-28%	$P=.961$	0.25 (<i>Small</i>)	20%

RR= Tempo entre dois batimentos cardíacos adjacentes; RMSSD= Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças sucessivas entre os intervalos normais RR adjacentes; SDNN= Desvio padrão de todos os intervalos normais RR registrados em um intervalo de tempo; LF= Baixa frequência; HF= Alta frequência; LF/HF= Relação baixa frequência/alta frequência

5.4. DISCUSSÃO

De acordo com posicionamentos globais (CHANG *et al.*, 2020; MOREIRA; WOHLWEND; WISLØFF, 2020), as disfunções nas variáveis da função cardioprotetora (ex.: FC e PA) são as principais causas de doença e morte no mundo, especialmente nos idosos (WILLIAMS *et al.*, 2018). Assim, este estudo visou verificar os efeitos crônicos do TI nas variáveis cardiovasculares e cardiorrespiratória de idosos fisicamente ativos. Houve variáveis hemodinâmicas (FC_R , PAS, PAD, PAM e DP), autonômicas (VFC) e cardiorrespiratória (estimativa VO_{2max} - $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). A intervenção foi realizada compondo 32 sessões de treinamento intervalado para dois grupos de treinamento (GT_A e GT_B). O GC não realizou o treinamento, mas as avaliações no mesmo período dos grupos experimentais (*baseline*, após a 16^a e 32^a sessão).

A GT_A realizou o protocolo de TI compondo seis séries de 4 minutos a 55-60% FC_{res} com 1 minuto a 70-75% FC_{res} . E a GT_B executou o mesmo número de séries, mas 4 minutos a 45-50% FC_{res} com 1 minuto a 60-65% FC_{res} . Portanto, o GT_B realizou intervenções com intensidades menores. Nossos resultados demonstraram que ambos os grupos de treinamento alcançaram resultados semelhantes, sem diferenças significativas ($p > .05$). No mesmo sentido, os resultados intragrupo não mostraram diferenças significativas ($p > .05$) para todas as variáveis avaliadas. Entretanto, com ES, foi possível demonstrar a magnitude das respostas crônicas em FC_R , PA, VFC e VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), resultantes da intervenção com treinamento intervalado com o mesmo protocolo, mas com intensidades diferentes. Com a aplicação da análise $\Delta\%$, também foi possível perceber a magnitude dos resultados obtidos nas variáveis investigadas ao comparar as avaliações após a 16^a e 32^a sessão com a linha de base.

O presente estudo teve a organização de análises e intervenções similares ao que Pichot *et al.* (2005) aplicaram. Entretanto, nesta pesquisa, os autores realizaram a intervenção com apenas um grupo durante 14 semanas, quatro sessões por semana, e o protocolo foi realizado em um cicloergômetro contendo nove séries de 4 minutos a 65% FC_{max} com 1 minuto a 85% FC_{max} , totalizando um volume de 45 minutos. No presente estudo, as

intervenções foram realizadas em uma esteira, totalizando 32 sessões distribuídas em 3 sessões semanais. O tempo de recuperação (4 minutos) e de estímulo (1 minuto) foi o mesmo que o aplicado por Pichot *et al.* (2005). Entretanto, a intervenção compreendeu seis séries, totalizando 30 minutos de treinamento e em 3 grupos, dois de treinamento (GT_A e GT_B) e um de controle (GC).

Quanto à análise autonômica, o TI é um método eficiente para promover melhoras. Na análise hemodinâmica, os estudos que intervieram com a TI observaram resultados positivos. Pichot *et al.* (2005) demonstraram resultados positivos em FC_R, PAS, PAD e PAM ($p < .05$). Molmen *et al.* (2012) aplicaram o TI a pessoas idosas ativas e sedentárias e observaram melhoras na FC_R, PAS e PAD ($p < .05$). Nemoto *et al.* (2007) melhoraram a FC_R, PAS e PAD das mulheres após cinco semanas de intervenção com o TI usando a caminhada como atividade. Além de Pichot *et al.* (2005), outros experimentos também obtiveram respostas positivas em VFC ($p < .05$) após a intervenção com TI (VANZELLA; DAGOSTINHO; *et al.*, 2019; VANZELLA; LINARES; *et al.*, 2019). Para a avaliação cardiorrespiratória, estudos demonstraram que o TI foi positivo nos resultados, melhorando significativamente ($p < .05$) o VO_{2max} (ADAMSON *et al.*, 2019; LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; NEMOTO *et al.*, 2007; PICHOT *et al.*, 2005). Estes resultados são essenciais uma vez que os idosos reduzem aproximadamente 5% e 10% da capacidade cardiorrespiratória de indivíduos ativos e sedentários, respectivamente (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Considerando as magnitudes dos resultados obtidos, visualizados pelo ES, e pelo $\Delta\%$, nossos achados corroboram os encontrados pelos estudos mencionados anteriormente, pois não encontramos diferença estatisticamente significativa nas análises brutas ($p > .05$).

A intensidade dos estímulos ainda parece ser uma questão inconclusiva. Porque estudos têm mostrado respostas positivas com intensidades de trabalho abaixo dos limiares (VANZELLA; LINARES; *et al.*, 2019) e com estímulos de alta intensidade acima dos limites metabólicos e/ou ventilatórios (ADAMSON *et al.*, 2019). No presente estudo, a intervenção de TI foi realizada em 2 grupos (GT_A e GT_B) com diferentes intensidades de estímulo, sendo 70-75% FC_{Res} (GT_A) e 60-65% FC_{Res} (GT_B), e mesmo com intensidades consideravelmente

moderada, os idosos investigados melhoraram a capacidade cardioprotetora, através da análise do ES e $\Delta\%$. Com isso, podemos deduzir que não há necessidade de submeter os idosos a altas intensidades para obter resultados positivos, evitando assim que esses indivíduos possam sofrer sobrecarga cardiovascular e lesões osteoarticulares.

Nenhum dos estudos mencionados utilizaram os métodos de análise ES e $\Delta\%$. Nossos resultados com estas aplicações foram positivos, mostrando ES significativos para variáveis hemodinâmicas, autonômicas e cardiorrespiratória. Através do $\Delta\%$, também foi possível demonstrar em valores percentuais diferenças relevantes nas variáveis avaliadas após a 16^a e 32^a sessão para ambos os grupos de treinamento. Estes métodos são válidos e reforçam clinicamente o quão importante a TI pode ser para o treinamento cardiovascular dos idosos. Os possíveis mecanismos para as respostas obtidas nos idosos ainda são incertos, mas plausíveis. Algumas adaptações cardiovasculares podem ser afetadas nos idosos, tais como funções centrais e periféricas. O estímulo aeróbico pode reduzir o nível plasmático de renina, refletindo na diminuição do sistema renina-angiotensina, melhorando a atividade barorreflexa, conseqüentemente o comportamento da PA, FC, e VFC (PICHOT *et al.*, 2005; VANZELLA; LINARES; *et al.*, 2019). A melhora da densidade capilar, função endotelial e fornecimento de oxigênio aos tecidos pode influenciar o desenvolvimento hemodinâmico e autonômico (ADAMSON *et al.*, 2019; BOIDIN *et al.*, 2019; NEMOTO *et al.*, 2007). Com relação ao VO_{2max} , os sucessivos estímulos combinados com períodos de recuperação fazem com que os idosos imponham intensidades mais altas, promovendo uma melhor capacidade de transporte e consumo de O_2 . Além de melhorar os volumes de hemoglobina e mioglobina plasmática nos músculos e aumentar a capacidade muscular (LEPRETRE *et al.*, 2009).

O presente estudo é composto de algumas limitações, que podem ter influenciado os resultados obtidos. O número de participantes poderia ter sido maior, mas devido à dificuldade de encontrar pessoas idosas saudáveis disponíveis para a pesquisa, dificultou o propósito. Não foi possível alcançar o número de indivíduos para cada grupo determinado pelo cálculo da amostra (12 indivíduos). Poderíamos ter realizado dois grupos (um treinamento e um controle), pois teríamos a amostra apropriada de acordo com o cálculo.

Mas o nosso objetivo era gerar comparações entre diferentes grupos de treinamento (intensidades diferentes), mais controle, para demonstrar o potencial de cada nível de intensidade e assim possibilitar possíveis informações para prescrição com esta população. A amostra deste estudo foi classificada como sobrepeso pelo índice de massa corporal. Isso pode ter influenciado os resultados porque a composição corporal afeta diretamente o comportamento cardiovascular e cardiorrespiratório (FLETCHER *et al.*, 2018).

Quanto à análise aplicada, os estudos aqui mencionados utilizaram equipamentos com alto nível de confiabilidade, como para avaliações hemodinâmicas e autonômicas realizadas com eletrocardiograma e analisador de gases para verificar o $VO_{2\text{máx}}$ em testes máximos (LEPRETRE *et al.*, 2009; MOLMEN *et al.*, 2012; PICHOT *et al.*, 2005). Nosso estudo foi realizado com equipamentos de melhor acessibilidade, com alta e validada confiabilidade de potência. Optamos por verificar o $VO_{2\text{máx}}$ de forma estimada. Entretanto, os estudos que utilizaram o método de análise cardiorrespiratória estimada obtiveram resultados positivos (BALLESTA-GARCÍA *et al.*, 2020), o que nos permite aceitar que o método estimado pode ser uma forma adequada de avaliar esta funcionalidade, mesmo com limitações. Outra questão que pode ter influenciado os resultados com baixa expressividade ($p > .05$) é a intensidade do estímulo aplicado, tanto para GT_A (70-75% FC_{max}) quanto para GT_B (60-65% FC_{max}). Finalmente, outro viés que nos limitou nos resultados foi o tempo de estímulo (1 minuto), que possivelmente, junto com a intensidade, foi insuficiente para promover adaptações crônicas relevantes para as maiores respostas hemodinâmicas, autonômicas e cardiorrespiratória.

5.5. CONCLUSÃO

Com os resultados do presente experimento, é possível aceitar que as variáveis aqui avaliadas são interdependentes, uma vez que os efeitos causados pelo TI em ambos os grupos de treinamento foram semelhantes. Isto reforça a hipótese da alta integração dos sistemas hemodinâmico, autonômico e cardiorrespiratório. Em indivíduos idosos, as respostas resultantes de diferentes exercícios são mais discretas, pois existe uma possível resistência

de todo o sistema devido à diminuição da eficiência fisiológica devido ao processo de envelhecimento. Entretanto, a TI pode ser uma estratégia essencial na prescrição de treinamento para a melhoria condicional das variáveis da função cardioprotetora em pessoas idosas fisicamente ativas e saudáveis. Entretanto, outros estudos são sugeridos para estabelecer a eficiência deste método para variáveis cardioprotetoras e cardiorrespiratórias em idosos.

6. ESTUDO VI

Respostas agudas do treinamento intervalado de alta intensidade com recuperação fixa e auto selecionada na reativação parassimpática através da variabilidade da frequência cardíaca e da frequência cardíaca

Este estudo está em fase de revisão final e estará em breve, sendo submetido.

6.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

Verificar as respostas agudas do treinamento intervalado de alta intensidade com recuperação fixa e auto selecionada na reativação parassimpática analisada pela frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca

6.2. MÉTODOS

6.2.1. Participantes

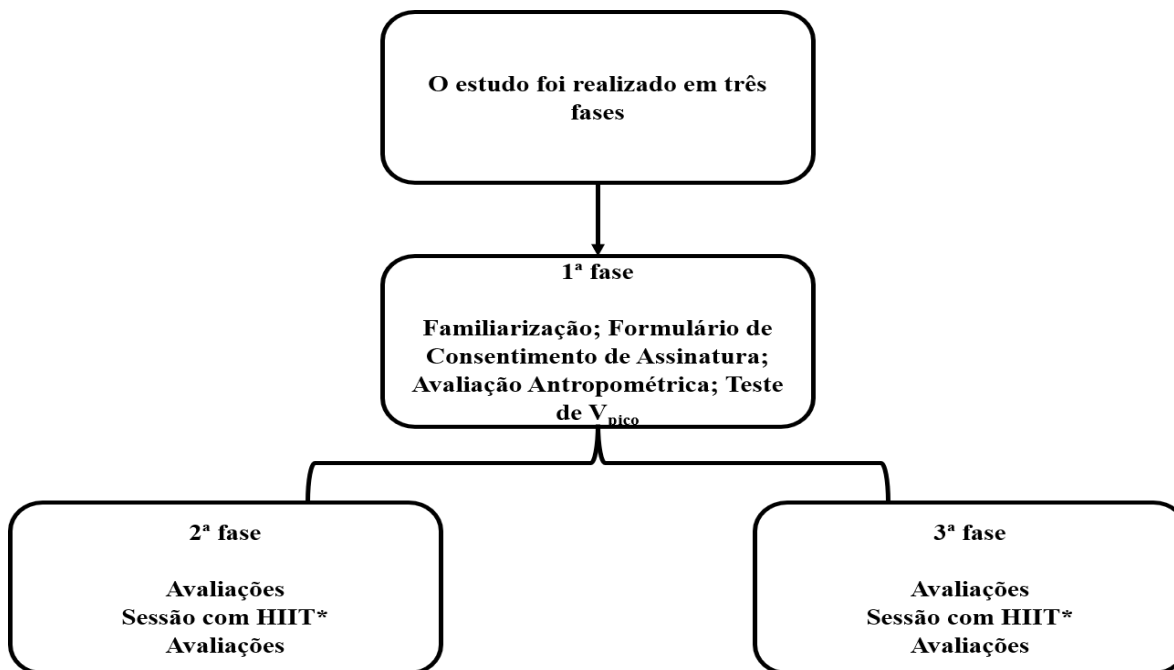
O tamanho da amostra e os cálculos de potência foram desenvolvidos utilizando G*Power (v.3.1.9.7) (FAUL *et al.*, 2007). Considerando a análise a ser realizada sobre os resultados primários, uma ANOVA-RM (2 [intervenções] x 2 [pontos de tempo]), antecipando um tamanho de efeito "grande" ($f = 0,4$), com um $\alpha = .05$, um poder estatístico de $(1 - \beta) = .95$, as variáveis dependentes correlacionadas com um $r = .50$, e uma violação de esfericidade (ϵ) = .80, exigirá um tamanho total de amostra de 18 indivíduos. O tamanho do efeito sugerido e os parâmetros restantes foram definidos de acordo com estudos similares que avaliaram as mudanças nos protocolos de exercício (PERKINS *et al.*, 2017).

A amostra foi composta de 19 participantes (tabela 1), dos quais: 13 homens e 6 mulheres (19±1,0 anos; 64,0±9,2 kg; 169±8,5 cm; 22,0±2 IMC), todos saudáveis e ativos. Os critérios de inclusão foram os seguintes: Ser ativo com exercícios regulares, com ≥ 6 meses com uma frequência semanal mínima de 3 vezes por semana. Como critérios de exclusão, consideramos o uso de qualquer medicação farmacológica (medicamentos para controle da pressão arterial, beta-bloqueadores, entre outros relacionados ao controle cardiovascular e

cardiorrespiratório) e/ou recursos ergogênicos (manipulação do desempenho e/ou variáveis fisiológicas) que poderiam de alguma forma influenciar a investigação. A apresentação de distúrbios músculo-esqueléticos que comprometeriam o treinamento também foi motivo de exclusão. Além disso, foi recomendado a todos os participantes não comer alimentos que pudessem interferir nas respostas cardiorrespiratórias e cardiorrespiratórias (ingestão excessiva de sal, cafeína, álcool, alimentos ricos em calorias, entre outros). Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Católica de Petrópolis (CAEE: 59449822.2.0000.5281).

6.2.2. Desenho experimental

O presente estudo foi realizado em três sessões no laboratório (ver figura 1). As análises foram subdivididas em cada sessão, seguindo as fases: a primeira fase: envolve ir ao laboratório para familiarização, assinar o termo de consentimento livre e esclarecido, avaliações antropométricas e realização do teste para identificação da velocidade de pico (V_{pico}) para determinar a intensidade alvo do treinamento. Segunda e terceira fases: ida ao laboratório para a primeira e segunda sessões de intervenção. As sessões de intervenção foram randomizadas para determinar qual protocolo o indivíduo realizaria em cada visita: HIIT_{Rec-A} (recuperação inter-estímulo fixa) ou HIIT_{Rec-B} (recuperação inter-estímulo auto selecionada). Da primeira à segunda fase, o intervalo era de 24 horas entre as sessões, e da segunda à terceira fase, os participantes tinham um intervalo de 48 horas. Toda a coleta de dados foi feita por apenas um pesquisador para possibilitar a uniformidade das avaliações entre todos os participantes.

Figura 1. Desenho experimental

* O tipo de recuperação (protocolo ou alto sugerido) será determinado, para cada sessão, de forma aleatória.

6.2.3. Análise da variabilidade da frequência cardíaca e da frequência cardíaca

Variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foi avaliada em repouso e após a sessão de treinamento por 10 minutos com o sujeito sentado (HOLMES *et al.*, 2020), considerando os 5 minutos pós-estabilização (DRAGHICI; TAYLOR, 2016). No momento do pós-sessão, esperamos 5 minutos para que a gravação começasse a evitar uma carga simpática e assim permitir uma leitura de HRV superestimada (BOTSVA *et al.*, 2017). Para a coleta de VFC, foi utilizado um relógio Polar® (RS800CX Multisport™) (QUINTANA; HEATHERS; KEMP, 2012). Após a coleta da VFC, os dados foram corrigidos no software Polar Pro Trainer 5 e depois transferidos para o software Kúbios HRV Standard 7.0 para serem processados. Os dados foram inspecionados visualmente para identificar artefatos ($\leq 2\%$), considerando o momento de maior estabilização e o menor nível de artefatos (JOHNSTON *et al.*, 2020). Foram utilizados os métodos lineares com índices de domínio de dois tempos (RMSSD e SDNN) e dois domínios de frequência (HF. e LF/HF) (GEUS *et al.*, 2019). Após

serem calculados, todos os valores dos índices selecionados foram transformados em logaritmos (ALKAHTANI *et al.*, 2020).

Antes e depois da sessão HIIT, a frequência cardíaca (FC) foi monitorada com o indivíduo em posição sentada (HOLMES *et al.*, 2020). A FC também foi monitorada usando o Polar® (RS800CX Multisport™). Esta variável foi coletada antes de iniciar o exercício por 10 minutos em repouso, imediatamente após cada estímulo do HIIT, e após a sessão por 10 minutos para avaliar a cinética de recuperação (SCHNEIDER *et al.*, 2018).

6.2.4. Avaliação antropométrica

A avaliação antropométrica foi realizada utilizando as variáveis de peso (kg), altura (m) e índice de massa corporal (IMC, kg/m²). Para a identificação de peso e altura, foi utilizada uma escala de marca, TANITA® e um estadiômetro de marca SECA® (AS 217), respectivamente. Ambos foram devidamente testados e calibrados. Quanto ao IMC, ele foi obtido utilizando a fórmula: $IMC = \text{peso} / \text{altura}^2$.

6.2.5. Teste de velocidade de pico (V_{pico})

O teste para identificação de velocidade de pico (V_{pico}) foi realizado em uma esteira profissional da marca NORDIC TRACK® (T 22.0). Um teste incremental foi realizado com base no protocolo Conconi (CONCONI *et al.*, 1982, 1996) e em estudos que demonstraram a fidelidade da V_{pico} para a identificação de intensidade (DA SILVA, D.F.; SIMÕES; MACHADO, 2015; MACHADO *et al.*, 2013; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990). O protocolo foi composto de Fase Inicial (aquecimento): 5 minutos a uma velocidade de 8,0 km/h e uma sequência de alongamentos estáticos com a resistência de 20 segundos para cada exercício. Fase principal (teste): iniciar a 8,0 km/h com incremento de 1,0 km/h a cada um minuto até a exaustão voluntária. Fase final (desaceleração): 5 minutos a 5,0 km/h. A velocidade máxima alcançada foi considerada a mantida por pelo menos 50% do tempo determinado (1 min) para cada incremento.

6.2.6. Protocolos de treinamento

Para a intervenção, usaremos um protocolo HIIT realizado em uma esteira, baseado em estudos sobre o método (BILLAT, V.L., 2001a; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; THIBAUT, 2003). O HIIT foi conduzido da seguinte forma: Fase inicial (aquecimento): 10 min. (50% V_{pico}). Fase principal (estímulo / recuperação): 10 x 30 seg (95% V_{pico}) para 1 min de recuperação ativa (40% V_{pico}) (HIIT_{RecA}) ou recuperação auto selecionada (HIIT_{RecB}). A recuperação auto selecionada será o tempo conveniente (auto avaliação) para cada indivíduo retornar ao próximo estímulo, a fase final (resfriamento): 5 min. (50% V_{pico}).

6.2.7. Análise estatística

Análise 1: Normalidade e homoscedasticidade foram verificadas com os testes de Shapiro-Wilk ($n < 50$) e Levene. Foi realizado um entre-em ANOVA-RM (2 [intervensões] x 2 [pontos de tempo]) para examinar as diferenças entre as variáveis dependentes. Para todos os testes, o nível de significância para rejeitar a hipótese nula foi fixado em 5%. As suposições de esfericidade foram examinadas usando o teste de Mauchly. Quando esta suposição não foi cumprida, os valores ajustados do Greenhouse-Geisser e graus de liberdade foram relatados (HO, 2014) e são indicados pela presença de graus de liberdade decimais. Os testes post-hoc ajustados de Bonferroni seguiram as análises de medidas repetidas para analisar as comparações em pares. O tamanho do efeito η^2_p foi calculado e os valores de referência assumidos foram os seguintes: efeito "pequeno" = .01, efeito "médio" = .06, e efeito "grande" = .14 (COHEN, 1988)

Análise 2: Para analisar a variação longitudinal da frequência cardíaca em duas condições testadas (HIIT_{RecA}; HIIT_{RecB}), a variabilidade intra e inter-individual dos sujeitos foi testada em dez momentos durante o exercício e após o exercício (recuperação) através de um modelo de curva de crescimento latente (LGCM) como sugerido por Byrne (2016), no software AMOS v.26. A LGCM apresenta várias vantagens para testar mudanças individuais na estrutura de modelagem da equação estrutural, incluindo análise da média e da estrutura de covariância e uma distinção entre variáveis observadas e não observadas nas especificações do modelo. Além disso, esta análise permite estimar as trajetórias de crescimento intra-

individual (parâmetros de crescimento interceptados e inclinação) nas trajetórias de crescimento inter-individual (diferenças entre sujeitos) (HAIR *et al.*, 2019). A interceptação e a inclinação são variáveis latentes que não são observadas diretamente, mas inferidas. A interceptação determina onde está a linha de base dos participantes e como eles diferem naquele momento específico, mostrando as diferenças interindividuais entre os participantes na linha de base.

A inclinação é a taxa média de crescimento relacionada com a variação ao longo de um período de tempo. Ela mostra as diferenças hipotéticas entre os momentos observados e se existe ou não uma variabilidade interindividual (BYRNE, 2016). O ajuste do modelo foi verificado através dos tradicionais índices absolutos e incrementais, a saber: O Índice Tucker-Lewis (TLI), Índice de Ajuste Comparativo (CFI), Erro Médio Quadrado de Aproximação da Raiz (RMSEA), e seu respectivo Intervalo de Confiança em 90% (CI 90%), e o Padronizado Residual Médio da Raiz (SRMR). Para CFI e TLI, os valores $\geq .90$ são tipicamente interpretados para refletir ajuste adequado, e para SRMR e RMSEA, os valores de $\leq .080$ indicam um excelente ajuste aos dados (HAIR *et al.*, 2019).

6.3. RESULTADOS

A amostra foi caracterizada pela idade, peso, altura e índice de massa corporal em média e desvio padrão. Além disso, as intensidades utilizadas no teste de V_{pico} (100%) foram expostas da mesma forma, sendo estímulo (95% V_{pico}), recuperação (40% V_{pico}) e aquecimento/arrefecimento (50% V_{pico}) (Tabela 1).

Tabela 1. Características da amostra em geral.

Variáveis antropométricas	Amostra	
	Média	DP
Idade (anos)	19.0	1.0
Peso (kg)	64.0	9.2
Altura (cm)	169.1	8.5
IMC (kg/m ²)	22.0	2.0
Variáveis mecânicas (km/h)	Amostra	
	Média	DP
V _{pico} ^a (100%)	16.5	2.8
V _{pico} ^b (40%)	6.6	1.4
V _{pico} ^c (50%)	8.2	1.4

a: Média de velocidade pico do teste; **b:** Média de velocidade de recuperação; **c:** Média de velocidade para aquecimento e desaceleração.

Na tabela 2 segue a média e o desvio padrão, o tempo de recuperação (segundos) realizado pelos participantes entre estímulos na condição HIIT_{RecB}. Em resumo, a média total foi de 46,70±16,58 segundos.

Tabela 2. Tempo de recuperação para a condição HIIT_{RecB}.

	Número de recuperação								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Média (seg.)	51.00	49.17	43.33	46.00	45.83	47.83	44.83	47.00	45.33
DP	11.38	19.63	18.34	19.40	16.99	16.33	19.05	17.92	19.92

Na Tabela 3, não foram observadas diferenças em todas as variáveis de VFC para condição e tempo*condição. Entretanto, uma diferença significativa foi observada em todas as variáveis da VFC em termos de tempo (todas $p < .001$), e os efeitos observados são médios ($> .06$).

Tabela 3. Amostra global de medidas repetidas ANOVA para variáveis da VFC.

Variáveis VFC	Mean Square	F	df1	df2	p	η^2_p	Pairwise comparisons
LnSDNN							
Tempo	2.05	94.51	1	18	<.001	.84	1 ≠ 2
Condição	.006	.099	1	18	.757	.005	Ns
Tempo*Condição	.005	.032	1	18	.860	.002	§
LnRMSSD							
Tempo	4.50	128.82	1	18	<.001	.88	1 ≠ 2
Condição	.030	.246	1	18	.626	.01	Ns
Tempo*Condição	.005	.024	1	18	.879	.001	Ns
LnHF							
Tempo	1.71	86.583	1	18	<.001	.83	1 ≠ 2
Condição	.009	.149	1	18	.704	.008	Ns
Tempo*Condição	.165	1.447	1	18	.245	.074	Ns
LnLH/H.F.							
Tempo	2.356	68.381	1	18	<.001	.79	1 ≠ 2
Condição	.002	.018	1	18	.895	.001	Ns
Tempo*Condição	.250	1.558	1	18	.228	.080	Ns

F = resultados do teste; **df1** = graus de liberdade das seis condições; **df2** = graus de liberdade de erro; **p** = significância; **η^2_p** = eta-quadrado parcial; **ns** = nenhuma diferença detectada; **LnSDNN** = desvio padrão logarítmico de todos os intervalos normais RR registrados em um intervalo de tempo, expresso em ms. **LnRMSSD** = Logaritmo raiz quadrada média quadrada das diferenças entre os intervalos RR normais adjacentes. **LnHF** = Componente logarítmico de alta frequência. **LnLH/HF** = Razão logarítmica entre o componente de baixa e alta frequência.

O LGCM foi calculado para identificar as respostas interindividuais e intraindividuais sobre FC, durante (figura 1 A, B) e após o esforço (figura 2 A, B). A variação de interceptação (interindividual) e inclinação (intraindividual) foi significativa para todos os momentos analisados ($p < .05$), intra e após esforço (HIIT) para ambas as condições realizadas (HIIT_{RecA} e HIIT_{RecB}).

Na análise intra-efeito (Figura 1 e 2, HIIT_{RecA} e HIIT_{RecB}, respectivamente), foi observada uma tendência de progressão contínua de FC, inter e intraindividual (SFF = -,57 e -,49 para os modelos A e B intra-efeito, respectivamente). Os resultados da análise LGCM proporcionaram um ajuste aceitável aos dados em todos os modelos, a saber: (Figura 1 - Modelo A) = $\chi^2 = 82.52$ (51); $p < .001$; CFI = .921; TLI = .911; RMSEA = .046 90% (.040,

.052) e SRMR = .062; (Figura 1 - Modelo B) = $\chi^2 = 81.32 (51)$; $p < .001$; CFI = .920; TLI = .913; RMSEA = .049 90% (.042, .057) e SRMR = .044.

Figura 1. Modelos de curvas de crescimento latentes para a FC considerado durante o esforço para HIIT_{RecA}.

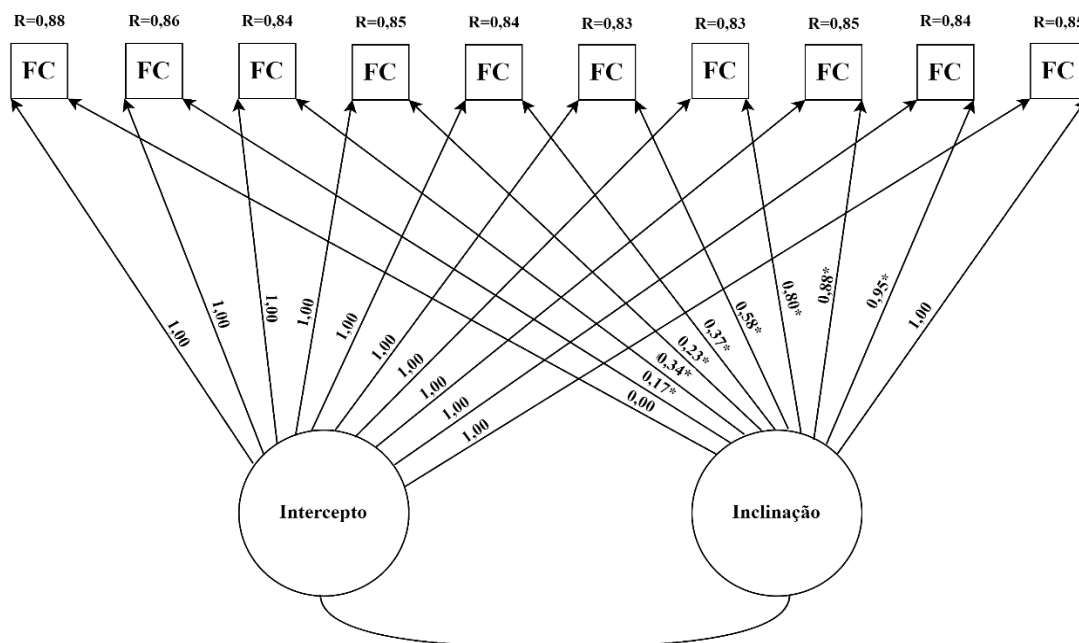
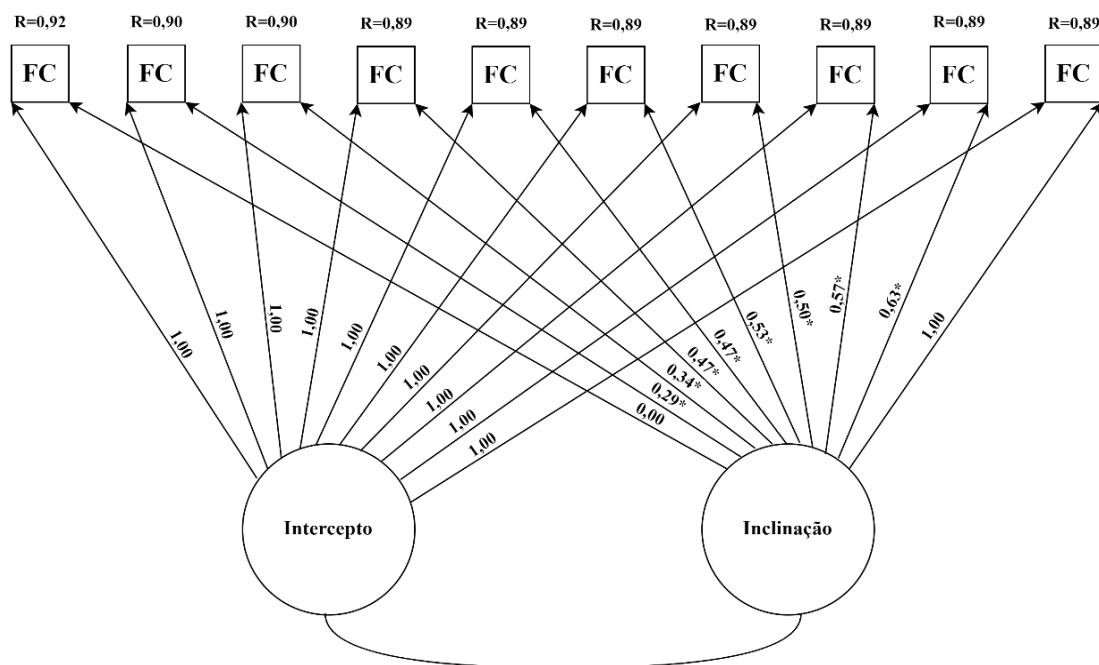


Figura 2. Modelos de curvas de crescimento latentes para a FC considerado durante o esforço para HIIT_{RecB}.



Por outro lado, no momento da recuperação pós-exercício (figura 3 e 4, HIIT_{RecA} e HIIT_{RecB}, respectivamente), foi observada uma tendência de regressão dos valores de FC inter e intradivíduo (SFF = -,19 e -,56 para os modelos A e B de recuperação pós-exercício, respectivamente). Entretanto, na condição HIIT_{RecB}, houve uma maior resistência desta regressão dos valores em relação ao HIIT_{RecA}, que apresentou uma maior magnitude desta redução. Os resultados da análise GLM proporcionaram um ajuste aceitável aos dados em todos os modelos, a saber: (Figura 2 - Modelo A) = $\chi^2 = 174,43$ (51); $p < .001$; CFI = .906; TLI = .901; RMSEA = .74 90% (.062, .080) e SRMR = .061. (Figura 2 - Modelo B) = $\chi^2 = 86,34$ (51); $p < .001$; CFI = .922; TLI = .910; RMSEA = .76 90% (.043, .107) e SRMR = .035.

Figura 3. Modelos de curvas de crescimento latentes para a FC considerado após o esforço (FC_R = Frequência cardíaca de recuperação) para HIIT_{RecA}.

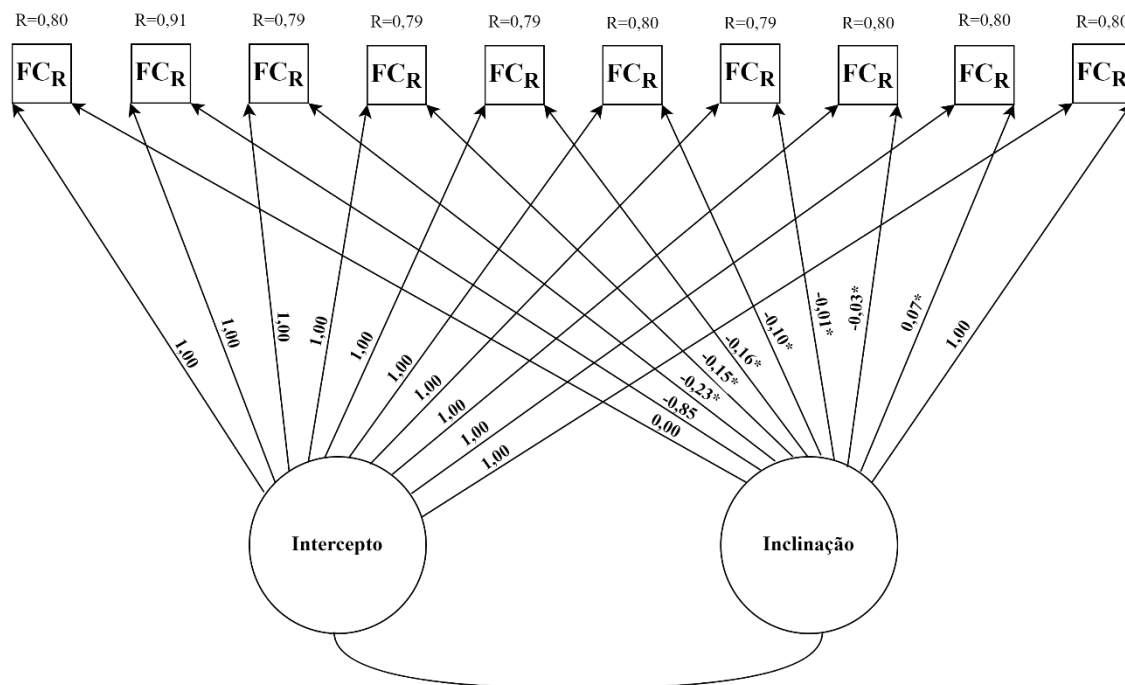
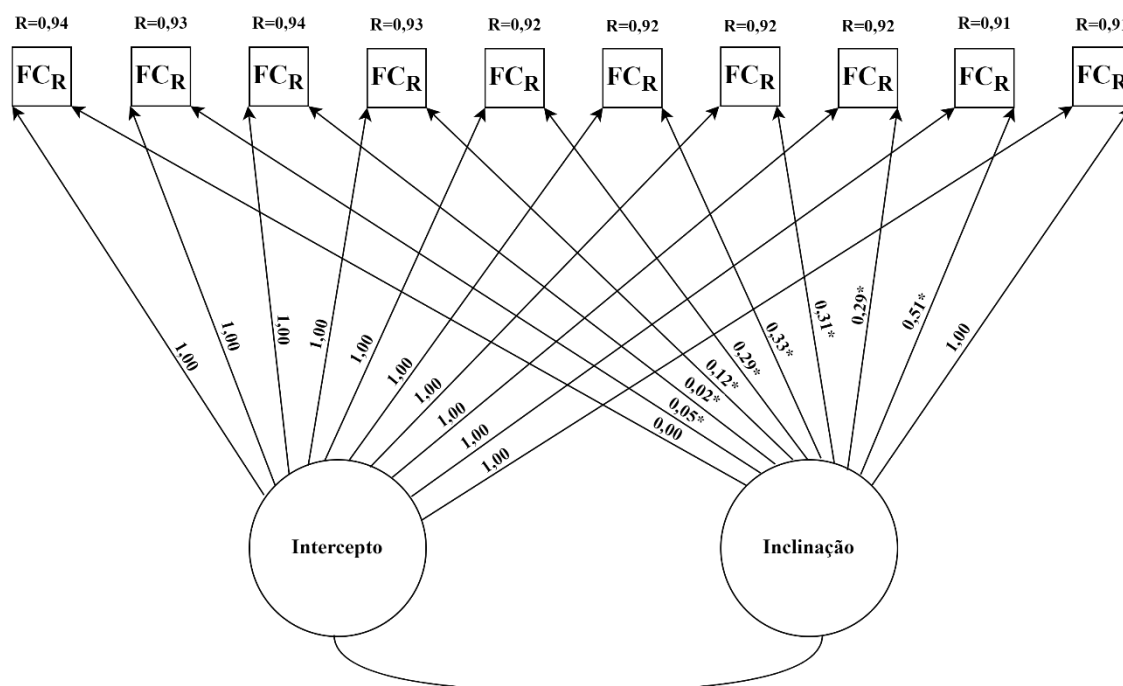


Figura 4. Modelos de curvas de crescimento latentes para a FC considerado após o esforço (FC_R = Frequência cardíaca de recuperação) para $HIIT_{RecB}$.



6.4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar as respostas agudas do treinamento em intervalos de alta intensidade com recuperação fixa ($HIIT_{RecA}$) e recuperação auto-selecionada ($HIIT_{RecB}$) sobre a variabilidade da frequência cardíaca e frequência cardíaca com análise de reativação parassimpática. As estratégias de recuperação entre estímulos têm grande importância e objetividade nas respostas do treinamento HIIT (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, b). Assim, aceitamos a hipótese de que o HIIT com recuperação auto selecionada também poderia ser uma opção na prescrição deste tipo de treinamento, que foi reforçada por outros estudos (GIBSON *et al.*, 2017; GLAISTER, MARK *et al.*, 2010). Embora alguns estudos tenham mostrado a importância do tipo de recuperação no HIIT, estudos relacionados a esta variável ainda são escassos (WIEWELHOVE *et al.*, 2018). É comumente usada entre estímulos de alta intensidade e recuperação (ativa ou passiva) com

tempo e intensidade definidos (SANT'ANA *et al.*, 2022), mas a pausa auto selecionada também pode ser uma opção para prescrever este tipo de treinamento (MCEWAN *et al.*, 2018).

Em VFC, foram encontradas diferenças após as sessões ($p < .001$) em todos os índices avaliados (LnSDNN, LnRMSSD, LnHF e LnLF/H.F.) no pré e pós (tempo) para HIIT_{RecA} e HIIT_{RecB} e com um efeito médio ($> .06$). Entretanto, não houve diferenças entre condições e tempos (pré e pós) entre condições ($p > .05$). Para aumentar o poder dos resultados na aplicabilidade prática, o modelo de curva de crescimento latente (LGCM) foi aplicado a FC para permitir uma análise mais próxima da capacidade de resposta de cada indivíduo (COPPENS *et al.*, 2019), considerando a variabilidade intra e interindividual (MORAIS *et al.*, 2014), aumentando assim o poder da aplicabilidade prática (RIBEIRO *et al.*, 2022). Em seguida, foi demonstrada uma tendência de progressão contínua de FC no momento do esforço para ambas as condições ($p < .001$) em inter e intraindivíduo.

Estudos demonstraram que o HIIT pode ser uma estratégia essencial para melhorar o sistema nervoso autonômico, onde foi observado um aumento do VFC ($p < .05$) após intervenções crônicas (ALANSARE *et al.*, 2018; SONGSORN *et al.*, 2022). No momento da recuperação, pós-sessão, foi observada a contínua regressão dos valores de FC nas condições ($p < .001$). Entretanto, a condição HIIT_{RecB} demonstrou maior resistência ao retorno dos valores de FC. Diferenças VFC também foram observadas em outros estudos (PERKINS *et al.*, 2017) que utilizaram HIIT. Estas diferenças agudas e pós-exercício são notórias pela alta ativação simpática resultante de estímulos de alta intensidade (ALANSARE *et al.*, 2018). Por outro lado, este alto nível simpático causa uma alta ativação parassimpática, refletindo melhorias no sistema nervoso autonômico (ALFONSO; CAPDEVILA, 2022).

Sobre FC, os estudos têm seguido a cinética desta variável durante o esforço (ACALA; ROCHE-WILLIS; ASTORINO, 2020) e após a sessão de esforço (HOTTENROTT *et al.*, 2021), com conclusões que estão de acordo com o presente estudo. Entretanto, nenhum estudo utilizou o LGCM, ou qualquer outro tipo de método, para uma

análise intra e interindividual. Além disso, embora esparsos, os estudos que aplicaram HIIT com intervalos de recuperação fixos e auto selecionados também mostraram resultados similares ao presente estudo sobre FC (GIBSON *et al.*, 2017; MCEWAN *et al.*, 2018). Gibson *et al.* (2017) e McEwan *et al.* (2018) usaram protocolos de estímulo similares ao presente estudo, mas, com recuperação mais curta (30 segundos).

Não foram encontrados estudos utilizando a recuperação auto selecionada para confrontar nossas conclusões sobre VFC. Em termos de como o treinamento foi conduzido, Gibson *et al.* (2017) realizaram os estímulos em um ambiente natural (30m), e nossa investigação foi conduzida em uma esteira, assim como em McEwan *et al.* (2018). Como os nossos, outros estudos também utilizaram um parâmetro mecânico (velocidade aeróbica máxima) de intensidade (MCEWAN *et al.*, 2018), o que pode torná-lo ainda mais prático e confiável, e tem uma relação perfeita com o consumo máximo de oxigênio (BILLAT *et al.*, 1995; DA SILVA, D.F.; SIMÕES; MACHADO, 2015). Entretanto, as discussões acima sugerem que o intervalo de recuperação auto selecionado pode ser uma opção de prescrição a ser considerada no HIIT, uma vez que o tipo de recuperação neste método é de ampla importância para respostas fisiológicas (SANT'ANA *et al.*, 2022).

Com relação à reativação parassimpática, nossas descobertas demonstraram que a ativação simpática refletida na VFC foi corroborada pela cinética de FC e que esta ação provocou respostas parassimpáticas na recuperação, especialmente na HIIT_{RecA}. HIIT_{RecB}, mesmo que o LGCM tenha demonstrado uma tendência de regressão, houve uma resposta parassimpática menor. Isto pode ser explicado pelo fato de que os indivíduos descansaram menos ($46,70 \pm 16,58s$) do que o tempo fixo (60 segundos), tendo assim um tempo mais prolongado sob tensão e, portanto, uma maior atividade simpática. No entanto, curiosamente nesta condição, os tempos médios utilizados pelos participantes foram considerados inteiramente consistentes com o tempo de estímulo (THIBAUT, 2003). Para avaliar a reativação parassimpática, é necessário submeter-se a algum esforço, e após o exercício, é possível investigar esta funcionalidade autonômica (STANLEY; PEAKE; BUCHHEIT, 2013). Além disso, a cinética de FC durante a aplicação do esforço pode ser um indicador

essencial da modulação autonômica (MALLOL *et al.*, 2020), determinando assim a capacidade do parassimpático de controlar (ACALA; ROCHE-WILLIS; ASTORINO, 2020) e assim preservando o sistema cardíaco de uma possível sobrecarga (NUUTTILA *et al.*, 2022), resultando em um alto nível de estresse (SANT'ANA; BARA-FILHO; VIANNA, 2021). Estudos demonstraram que o HIIT aumenta significativamente a resposta parassimpática após a sessão (BONATO *et al.*, 2018)

Os mecanismos por trás do comportamento de VFC e FC, especialmente na capacidade parassimpática, estão diretamente relacionados à alta modulação autonômica (SCHNEIDER *et al.*, 2018). E para isto, estímulos de alta intensidade (por exemplo, HIIT) são capazes de provocar adaptações intrínsecas do coração no nó do seio atrial, melhorando a atividade vagal e, conseqüentemente, o comportamento do FC (ARAZI *et al.*, 2017) e da VFC (SONGSORN *et al.*, 2022). Estas adaptações ocorrem porque o HIIT requer uma alta atividade simpática, melhorando a auto regulação e o débito cardíaco, fatores diretamente ligados ao VFC (ALANSARE *et al.*, 2018). Além disso, a ativação de neurotransmissores como a acetilcolina que atuam diretamente sobre o nervo vago (DEWLAND *et al.*, 2007), mas o nível de esforço determina o potencial de ação simpática durante e, conseqüentemente, a reativação parassimpática após o estímulo (CUNHA *et al.*, 2015). Assim, o HIIT pode ser uma estratégia essencial para obter adaptações positivas do sistema nervoso autonômico (ALFONSO; CAPDEVILA, 2022). Os aspectos neurais também têm um papel significativo no comportamento autonômico, determinando a capacidade de conexão do cérebro e do coração (KEMP; QUINTANA, 2013), assim modulando a eficiência das redes neurais sobre o coração e conseqüentemente melhorando o equilíbrio entre ações simpáticas e parassimpáticas (SHAFFER; MCCRATY; ZERR, 2014). Entretanto, não temos informações sobre a influência do HIIT nessas adaptações entre o cérebro e o coração.

O estudo possui algumas limitações, como por exemplo o tamanho da amostra que foi pequeno (embora estatisticamente suficiente). Além disso, nossos resultados foram obtidos em pessoas ativas treinadas, portanto não podemos generalizar e limitar estas respostas somente a este nível, e não podemos dizer sobre indivíduos não treinados ou atletas.

Assim, ficamos impedidos de discutir mais a fundo esta estratégia de recuperação neste método de prescrição de treinamento aeróbico. Também como nossa limitação, nossa amostra foi composta por homens e mulheres, por causa da dificuldade de selecionar mulheres, não conseguimos realizar um grupo com este público e por isso, realizamos um grupo misto. Assim, por diferentes comportamentos fisiológicos (de homens e mulheres), não sabemos até que ponto isso influenciou nos achados. Outra situação foi que nossa investigação foi conduzida de forma aguda e assim nos limitou a dizer se estes protocolos melhoraram cronicamente a capacidade de reativação parassimpática e da VFC em indivíduos jovens. Portanto, sugerimos mais estudos sobre HIIT com intervalos fixos e auto selecionado em variáveis autonômicas, aproveitando assim outras formas de recuperação (por exemplo, passiva) e intensidades de recuperação.

6.5. CONCLUSÃO

Nossas descobertas mostraram respostas semelhantes em VFC e FC (intra e pós-exercício). Estudos reforçam a ideia de que a recuperação auto selecionada para ser usada em prescrições de treinamento HIIT (MCEWAN *et al.*, 2018; PHILLIPS; THOMPSON; OLIVER, 2014). Com base nisso e em nossas conclusões, as estratégias de recuperação utilizadas aqui podem oferecer resultados aproximados e reforçam a ideia de que a recuperação auto selecionada entre estímulos também pode ser uma forma de prescrever o tipo de recuperação, já que não tiveram impacto negativo nos resultados do treinamento HIIT. Estes resultados estavam em linha com os de outros estudos (GIBSON *et al.*, 2017; GLAISTER *et al.*, 2010), e através destas respostas, podemos sugerir mais maneiras de manipular o treinamento HIIT e ser capazes de tornar a atividade talvez ainda mais agradável (SANTOS *et al.*, 2020). Entretanto, reconhecemos que para que isso seja possível, os praticantes e/ou atletas devem estar familiarizados com o tipo de treinamento e a forma como ele se recuperará.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso trabalho desenvolveu seis estudos, explorando diferentes variações, períodos e protocolos do TI em diferentes características amostrais (jovens, adultos, idosos e atletas). Com isso, foi analisado o desempenho, comportamento fisiológico e perceptivo. Podemos demonstrar, em parte, o que os principais estudos sobre TI (e suas variações) reforçam, que este método é uma importante estratégia e opção na prescrição de treinamento (BILLAT, V.L., 2001a, b; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, b; LAURSEN; JENKINS, 2002).

Neste estudo, foi avaliado variáveis do desempenho (tempo e velocidade), metabólicas (lactato), hemodinâmicas (pressão arterial sistólica, diastólica e média, frequência cardíaca e duplo produto), autonômicas (variabilidade da frequência cardíaca e atividade barorreflexa), cardiorrespiratória (consumo máximo de oxigênio, estimado) e perceptivas (percepção do esforço).

Com relação ao desempenho, diferentes tempos de recuperação entre sprints (10 x 20 m; 10 x 30m) em grande parte, não afetam o desempenho em estímulos *all out*. Pois em nossas intervenções o menor tempo aplicado (15s) foi o que mais afetou o desempenho ($p < .05$). Nossos achados, foram diferentes de outros estudos (BALSOM *et al.*, 1992; GAITANOS *et al.*, 1993), no entanto, este avaliaram o desempenho através da potência aplicada e neste sentido, os resultados foram mais significativos em termos de redução do desempenho. Em termos de lactato, nossos achados foram de encontros os outros estudos que também apresentaram um aumento significativo deste metabólito após estímulos (BALSOM *et al.*, 1992; GAITANOS *et al.*, 1993; GLAISTER *et al.*, 2005), o que já era esperado pelo fato do trabalho ser em altíssima intensidade.

Sobre a hemodinâmica, nossos achados para jovens adultos não demonstraram alterações (positivas) significativas na pressão arterial (sistólica, diastólica e média). No entanto, nossas intervenções foram agudas e talvez, por isso, seja insuficiente para maiores resultados. Mas estudos, reforçam que o tipo TI é um método interventivo de grande valia na atuação hemodinâmica (BATAKAN *et al.*, 2017; BENDA *et al.*, 2015). Mas, em relação a

idosos, nossos estudos demonstraram que intervenções com prazo mais curtos, também não são suficientes para as alterações necessárias. Por outro lado, uma intervenção crônica é capaz de oferecer uma magnitude maior na pressão arterial, frequência cardíaca e duplo produto, sendo esta variáveis de extrema importância para esta população (ADAMSON *et al.*, 2019; CARPES *et al.*, 2022). Além disso, o presente estudo demonstrou a importância de diferentes protocolos do TI em idosos, o que agrega ainda mais informações sobre o treinamento aeróbio em idosos. Ainda sobre idosos, demonstramos também respostas positivas no cardiorrespiratório, através do consumo máximo de oxigênio (estimado). Este achado também é reforçado por outros estudos que utilizaram o TI como intervenção (NEMOTO *et al.*, 2007; PICHOT *et al.*, 2005; POON *et al.*, 2021) e ganhos cardiorrespiratórios para idosos são de extrema relevância (OLIVEIRA *et al.*, 2012), assim como para outras populações (ENGEL *et al.*, 2018; GIST *et al.*, 2014; WEN *et al.*, 2019).

No que diz respeito ao comportamento autonômico, utilizamos experimentalmente a variabilidade da frequência cardíaca em jovens e idosos. Observamos resultados importantes sobre atuação simpática e parassimpática acometida pela alta intensidade em diferentes protocolos de treinamento. Com isso, foi possível identificar que o TI (principalmente em alta intensidade) não sobrecarrega o sistema cardiovascular, sendo isso já apontado por outros estudos (DUPUY *et al.*, 2022; PERKINS *et al.*, 2017). E que em idosos, a intervenção crônica do TI em intensidades abaixo dos limiares é o suficiente para promover respostas do tamanho efeito consideráveis e clinicamente aceitáveis, sendo estas alterações muito positivas para este público (OGLIARI *et al.*, 2015).

Nas variáveis perceptivas, aqui, diferentes protocolos levaram um aumento da percepção do esforço, corroborando com outros estudos e já esperado durante a administração das intensidades (FRAZÃO *et al.*, 2016; GLAISTER, MARK *et al.*, 2010), Por fim, o presente estudo testou uma estratégia de recuperação não muito utilizada, a auto selecionada. Nossa intervenção, utilizou o tempo como parâmetro de avaliação e conseguimos consolidar ótimos resultados com a FC e VFC e suas interpretações fisiológicas. Esta estratégia de recuperação, é reforçada positivamente por outras pesquisas

(GIBSON *et al.*, 2017; MCEWAN *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2021) em suas diferentes formas de aplicação. No entanto, nossos estudos utilizando esta estratégia de recuperação também demonstraram a importância de uma ótima familiarização deste tipo de intervenção dos indivíduos para que não haja, nenhum tipo de resposta indesejada (GLAISTER *et al.*, 2010).

Diante do exposto, nossos estudos demonstraram alto poder de aplicabilidade. Pois foram realizados utilizando instrumentos de fácil acesso e de ótima confiabilidade, facilitando assim o trabalho dos profissionais. Além disso, os protocolos aplicados nas intervenções foram baseados em alguns dos principais estudos diretivos sobre o TI e suas variações (BILLAT, V.L., 2001b, a; BISHOP; GIRARD; MENDEZ-VILLANUEVA, 2011; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, b; LAURSEN; JENKINS, 2002; THIBAUT, 2003). Contudo, apesar do presente trabalho enfatizar intervenções com o TI, vale a ressalva, que este método será também, muito importante frente a outros tipos de intervenções, como por exemplo o treinamento contínuo (GONZÁLEZ-MOHÍNO *et al.*, 2016, 2019; MACINNIS; GIBALA, 2017; MILANOVIĆ; SPORIŠ; WESTON, 2015; ULBRICH *et al.*, 2016). Desta maneira, acreditamos que com coerência e ótimo planejamento na aplicação, a obtenção de resultados ainda maiores, será decorrente do aproveitamento de diferentes métodos e estratégias de treinamento. No entanto, nossos estudos enriquecem ainda mais sobre o potencial do TI em diferentes características amostrais nas respostas fisiológicas, perceptivas e do desempenho.

8. REFERÊNCIAS

- ABDERRAHMAN, A.B. *et al.* Effects of recovery mode (active vs. passive) on performance during a short high-intensity interval training program: a longitudinal study. **Eur J Appl Physiol** v. 113, n. 6, p. 1373–1383 , 2013.
- ACALA, J.J.; ROCHE-WILLIS, D.; ASTORINO, T.A. Characterizing the heart rate response to the 4 interval exercise protocol. **Int J Env Res and Public Health** v. 17, n. 14, p. 1–10 , 2020.
- ACSM. Benefits and risks associated with physical activity. **Guidelines for Exercise Testing** p. 1–21 , 2013.
- ADAMSON, S. *et al.* Extremely short duration sprint interval training improves vascular health in older adults. **Sport Sci Health** v. 15, n. 1, p. 123–131 , 2019.1133201804982.
- AHMAIDI, S. *et al.* Effects of interval training at the ventilatory threshold on clinical and cardiorespiratory responses in elderly humans. **Eur J Appl Physiol** v. 78, p. 170–176 , 1998.
- ALANSARE, A. *et al.* The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on heart rate variability in physically inactive adults. **Int J Env Res and Public Health** v. 15, n. 7, p. 1508 , 17 jul. 2018.
- ALARCÓN-GÓMEZ, J. *et al.* Effect of high-intensity interval training on quality of life, sleep quality, exercise motivation and enjoyment in sedentary people with type 1 diabetes mellitus. **Int J Env Res and Public Health** v. 18, n. 12612 , 2021.1421157445503.
- ALFONSO, C.; CAPDEVILA, L. Heart rate variability, mood and performance: a pilot study on the interrelation of these variables in amateur road cyclists. **PeerJ** v. 10, p. e13094 , 2022.
- ALICEA, S.K. *et al.* Comparison of the affective responses to continuous training and high-intensity interval training protocols: Application of the dual-mode model. **J Strength Cond Res** v. 35, n. 11, p. 3069–3075 , nov. 2021.
- ALKAHTANI, S. *et al.* Role of type and volume of recreational physical activity on heart rate variability in men. **Int J Env Res and Public Health** v. 17, n. 8 , 2020.
- ALLEN, N G *et al.* The effect of high-intensity aerobic interval training on markers of systemic inflammation in sedentary populations. **Eur J Appl Physiol** v. 117, n. 6, p. 1249–1256 , 2017.
- ANSARI, M. *et al.* The association of rate pressure product (RPP) and myocardial perfusion imaging (MPI) findings: a preliminary study. **Perfusion** v. 27, n. 3, p. 207–213 , 2012.
- ARAZI, H. *et al.* Effects of heart rate vs. speed-based high intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity of female soccer players. **Sports** v. 5, n. 3 , 2017.

ASTORINO, T.A. *et al.* High-intensity interval training increases cardiac output and VO₂max. **Med Sci Sports Exerc** v. 49, n. 2, p. 265–273 , 2017.0000000000.

ASTORINO, T.A.; SCHUBERT, M.M. Individual responses to completion of short-term and chronic interval training: A retrospective study. **PLoS ONE** v. 9, n. 5 , 2014.

ATAKAN, M.M. *et al.* Evidence-based effects of high-intensity interval training on exercise capacity and health: A review with historical perspective. **Int J Env Res and Public Health** v. 18, n. 13 , 2021.

BALLESTA-GARCÍA, I. *et al.* High-intensity interval circuit training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory fitness in middle-aged and older women: A randomized controlled trial. **Int J Env Res and Public Health** v. 17, p. 1–13 , 2020.

BALSOM, P. *et al.* Maximal-intensity intermittent exercise: Effect of recovery duration. **Int J Sports Med** v. 13, n. 7, p. 528–533 , 1992.

BATACAN, R.B. *et al.* Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of intervention studies. **Br J Sports Med** v. 51, n. 6, p. 494–503 , 2017.

BENDA, N.M.M. *et al.* Effects of high-intensity interval training versus continuous training on physical fitness, cardiovascular function, and quality of life in heart failure patients. **PLoS ONE** v. 10, n. 10, p. e0141256 , 2015.

BILLAT, V. *et al.* Times to exhaustion at 90,100 and 105% of velocity at VO₂max (maximal aerobic speed) and critical speed in elite longdistance runners. **Arch Physiol Biochem** v. 103, n. 2, p. 129–135 , 1995.

BILLAT, V.L. *et al.* Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. **Med Sci Sports Exerc** v. 31, n. 1, p. 156–163 , jan. 1999.

BILLAT, V.L. Interval training for performance: A scientific and empirical practice: Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: Anaerobic interval training. **Sports Med** v. 31, n. 2, p. 75–90 , 2001a.

BILLAT, V.L. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. **Sports Med** v. 31, n. 1, p. 13–31 , 2001b.

BILLAUT, F. *et al.* Influence of knowledge of sprint number on pacing during repeated sprint exercise. **Med Sci Sports Exerc** v. 43, n. 4, p. 665–672 , 2011.

BILLAUT, F.; GIACOMONI, M.; FALGAIRETTE, G. Maximal intermittent cycling exercise: Effects of recovery duration and gender. **J Appl Physiol** v. 95, p. 1632–1637 , 2003.

BILLMAN, G.E. The LF / HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. **Frontiers in Physiology** v. 4, n. February, p. 1–5 , 2013.

- BISHOP, D.; GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Repeated-sprint ability part II: Recommendations for training. **Sports Med** v. 41, n. 9, p. 741–756 , 2011.
- BOGDANIS, G.C.; NEVILL, M.E.; LAKOMY, H.K. Effects of previous dynamic arm exercise on power output during repeated maximal sprint cycling. **Eur J Appl Physiol** v. 74, p. 461–469 , 1996.
- BOIDIN, M. *et al.* Effects of interval training on risk markers for arrhythmic death : a randomized controlled trial. **Clinical Rehabilitation** v. 00, n. 0, p. 1–11 , 2019.
- BONATO, M. *et al.* Effect of repeated-sprints on the reliability of short-term parasympathetic reactivation. **PLoS ONE** v. 13, n. 2, p. 1–10 , 2018.1111111111.
- BONEN, A.; BELCASTRO, A.N. Comparison of self-selected recovery methods on lactic acid removal rates. **Med Sci Sports** v. 8, n. 3, p. 176–178 , 1976.
- BONSU, B.; TERBLANCHE, E. The training and detraining effect of high-intensity interval training on post-exercise hypotension in young overweight/obese women. **Eur J Appl Physiol** v. 116, p. 77–84 , 2016.
- BORG, G.A.V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine Science Sports and Exercise** v. 14, n. 5, p. 377–381 , 1982.
- BOTSWA, N. *et al.* Predictors of aging based on the analysis of heart rate variability. **Pacing Clin Electrophysiol** n. June, p. 1–10 , 2017.
- BOULAY, M.R. *et al.* Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. **Med Sci Sports Exerc** v. 29, n. 1, p. 125–132 , 1997.
- BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P.B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. **Sport Med** v. 43, n. 5, p. 313–338 , 2013a.
- BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P.B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. **Sports Med** v. 43, n. 10, p. 927–954 , 2013b.
- BURGOMASTER, K.A. *et al.* Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. **J Appl Physiol** v. 98, n. 6, p. 1985–1990 , 2005.
- BURGOMASTER, K.A.; HEIGENHAUSER, G.J.F.; GIBALA, M.J. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. **J Appl Physiol** v. 100, n. 6, p. 2041–2047 , 2006.
- BYRNE, BM. **Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming.** New York, NY: [s.n.], 2016.

- CABRAL-SANTOS, C. *et al.* Physiological Acute Response to High-Intensity Intermittent and Moderate-Intensity Continuous 5 km Running Performance: Implications for Training Prescription. **Journal of Human Kinetics** v. 56, n. 1, p. 127–137 , 2017.
- CAL ABAD, C.C. *et al.* Short-term cardiac autonomic recovery after a repeated sprint test in young Soccer players. **Sports** v. 30, n. 7, p. 1–7 , 2019.
- CARPES, L. *et al.* High-intensity interval training reduces blood pressure in older adults: A systematic review and meta-analysis. **Exper Geront** v. 158, p. 111657 , fev. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0531556521004393>>.
- CENTER FOR EVIDENCE-BASED PHYSIOTHERAPY. Physiotherapy Evidence Database (PEDro). , 2019.
- CHANG, E. *et al.* Global reach of ageism on older persons' health : A systematic review. **PLoS ONE** v. 15, n. 1, p. 1–24 , 2020.1111111111.
- COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. **New York, NY: Routledge Academic.** , 1988.
- COLE, C.R. *et al.* Heart rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation** v. 20, n. 2, p. 131–132 , 2000.
- CONCONI, F. *et al.* Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive field test in runners. **J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol** v. 52, n. 4, p. 869–873 , 1982.
- CONCONI, F. *et al.* The Conconi test: methodology after 12 years of application. **Int J Sports Med** v. 17, n. 7, p. 509–519 , 1996.
- CONNOLLY, D.A.J.; BRENNAN, K.M.; LAUZON, C.D. Effects of active versus passive recovery on power output during repeated bouts of short term, high intensity exercise. **J Sports Sci Med** v. 2, p. 47–51 , 2003.
- COPPENS, E. *et al.* Developmental change in motor competence: A latent growth curve analysis. **Front Physiol** v. 10, n. October, p. 1–10 , 2019.
- COSTELLO, S.E. *et al.* Detrimental effects on executive function and mood following consecutive days of repeated high-intensity sprint interval exercise in trained male sports players. **J Sports Sci** v. 40, n. 7, p. 783–796 , 3 abr. 2022.
- CUNHA, F.A. *et al.* Parasympathetic reactivation after maximal CPET depends on exercise modality and resting vagal activity in healthy men. **Springer Plus** v. 4, n. 1, p. 1–9 , 2015.
- DA SILVA, D.F.; SIMÕES, H.G.; MACHADO, F.A. vVO_2 max versus V_{peak} , what is the best predictor of running performances in middle-aged recreationally-trained runners? **Sci Sports** v. 30, n. 4, p. e85–e92 , 2015.

DALLECK, L. *et al.* Dose-response relationship between interval training frequency and magnitude of improvement in lactate threshold. **Int J Sports Med** v. 31, n. 8, p. 567–571 , 2010.0030125413.

DE OLIVEIRA TELES, G. *et al.* Acute effects of high-intensity interval training on diabetes mellitus: A systematic review. **Int. J. Environ. Res. Public Health** v. 19, n. 7049, p. 1–14 , 9 jun. 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1660-4601/19/12/7049>>.

DE SOUSA, A.F.M. *et al.* Improvements in attention and cardiac autonomic modulation after a 2-weeks sprint interval training program: A fidelity approach. **Frontiers in Physiology** v. 9, n. MAR , 2018. Disponível em: <<https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L621363555&from=export>>.

DEL VECCHIO, F.B. *et al.* **Exercício intermitente: Estado da arte e aplicações práticas**. 1. Ed. ed. Manaus, AM: [s.n.], 2014. .978-85-62240-02-7.

DEL VECCHIO, F.B. **HIIT: como dominar a prescrição do treinamento intervalado de alta intensidade**. 1. Ed. ed. Manaus, AM: [s.n.], 2019. .978-85-62240-08-9.

DELEY, G.; PICARD, G.; TAYLOR, J.A. Arterial baroreflex control of cardiac vagal outflow in older individuals can be enhanced by aerobic exercise training. **Hypertension** v. 53, n. 5, p. 826–832 , maio 2009. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.130039>>.

DEWLAND, T.A. *et al.* Effect of acetylcholinesterase inhibition with pyridostigmine on cardiac parasympathetic function in sedentary adults and trained athletes. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology** v. 293, n. 1, p. 86–92 , 2007.

DOLCI, F. *et al.* High-Intensity Interval Training Shock Microcycle for Enhancing Sport Performance: A Brief Review. **Journal of strength and conditioning research** v. 34, n. 4, p. 1188–1196 , 2020.0000000000.

DRAGHICI, A.E.; TAYLOR, J. A. The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. **J Physiol Anthropol** v. 35, n. 1, p. 1–8 , 2016.4010101601.

DUPONT, G. *et al.* Effect of short recovery intensities on the performance during two Wingate tests. **Med. Sci. Sports Exerc** v. 39, n. 7, p. 1170–1176 , 2007.

DUPONT, G.; BERTHOIN, S. Time spent at a high percentage of $\dot{V}O_{2max}$ for short intermittent runs: Active versus passive recovery. **Can J Appl Physiol** v. 29 , 2004.

DUPUY, A. *et al.* Post-exercise heart rate recovery and parasympathetic reactivation are comparable between prepubertal boys and well-trained adult male endurance athletes. **Eur J Appl Physiol** v. 122, n. 2, p. 345–355 , 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00421-021-04823-0>>.0123456789.

ENGEL, F.A. *et al.* High-intensity interval training performed by young athletes: A systematic review and meta-analysis. **Front Physiol** v. 9, n. JUL , 2018.

FAUL, F. *et al.* G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences FRANZ. **Behav Res Methods** v. 39, n. 2, p. 175–191 , 2007.

FAUL, F. *et al.* Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. **Behav Res Methods** v. 41, n. 4, p. 1149–1160 , 2009.

FENNELL, C.R.J.; HOPKER, J.G. The acute physiological and perceptual effects of recovery interval intensity during cycling-based high-intensity interval training. **Eur J Appl Physiol** v. 121, n. 2, p. 425–434 , 2021.0123456789.

FERREIRA, L.F.; RODRIGUES, G.D.; SOARES, P.P.S. Quantity of aerobic exercise training for the improvement of heart rate variability in older adults. **Int J Cardio Sci** v. 30, n. 2 , 2017.

FIGUEROA, A. *et al.* Cardiovagal baroreflex and aortic hemodynamic responses to isometric exercise and post-exercise muscle ischemia in resistance trained men. **Scand J Med Sci Sports** v. 20, n. 2, p. 305–309 , 14 abr. 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2009.00927.x>>.

FIORINZA, M. *et al.* Metabolic stress-dependent regulation of the mitochondrial biogenic molecular response to high-intensity exercise in human skeletal muscle. **Journal of Physiology** v. 596, n. 14, p. 2823–2840 , 2018.

FLETCHER, G.F. *et al.* Promoting Physical Activity and Exercise. **J Am Coll Cardiol** v. 72, n. 14, p. 1622–1639 , 2018.

FOSTER, C. *et al.* A new approach to monitoring exercise training. **J Strength Cond Res** v. 15, n. 1, p. 109–115 , 2001.

FOSTER, C. *et al.* The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. **J Sports Sci Med** v. 14, n. 4, p. 747–755 , 2015.

FRANCHINI, E.; CORMACK, S.; TAKITO, M.Y. Effects of high intensity interval training on olympic combat sports athletes performance and physiological adaptation: A systematica review. **J Strength Cond Res** v. 33, n. 1, p. 242–252 , 2019.

FRAZÃO, D.T. *et al.* Feeling of pleasure to high-intensity interval exercise is dependent of the number of work bouts and physical activity status. **PLoS ONE** v. 11, n. 3, p. 1–16 , 2016.

GAESSER, G.A.; ANGADI, S.S. High-intensity interval training for health and fitness: Can less be more? **J Appl Physiol** v. 111, n. 6, p. 1540–1541 , 2011.

GAITANOS, G.C. *et al.* Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **J Appl Physiol** v. 75, n. 2, p. 712–719 , 1993.

GARBER, C. E. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exer** v. 43, n. 7, p. 1334–1359 , 2011.

GERMANO, M.D. *et al.* Effect of different recoveries during HIIT sessions on metabolic and cardiorespiratory responses and sprint performance in healthy men. **Journal of Strength and Conditioning Research** v. 36, n. 1, p. 121–129 , 2022.0000000000.

GEUS, E.J.C. *et al.* Should heart rate variability be “ corrected ” for heart rate ? Biological , quantitative , and interpretive considerations. **Psychophysiology** n. June 2018, p. 1–26 , 2019.

GIBALA, M.J. High-intensity Interval Training : A Time-efficient Strategy for Health Promotion ? **Sports Medicine Reports** v. 6, p. 211–213 , 2007.

GIBALA, M.J. *et al.* Short-term sprint interval versus traditional endurance training: Similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. **J Physiol** v. 575, n. 3, p. 901–911 , 2006.

GIBALA, M.J.; MCGEE, S.L. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training : A little pain for a lot of gain ? **Exerc Sport Sci Rev** v. 36, n. 2, p. 58–63 , 2008.

GIBALA, Martin J.; GILLEN, Jenna B.; PERCIVAL, Michael E. Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: Influences of nutrition and sex. **Sports Med** v. 44, p. 127–137 , 2014.

GIBSON, N. *et al.* Physiological, perceptual and performance responses associated with self-selected versus standardized recovery periods during a repeated sprint protocol in elite youth football players: A preliminary study. **Ped Exerc Sci** v. 29, n. 2, p. 186–193 , 2017.

GIST, N.H. *et al.* Sprint interval training effects on aerobic capacity: A systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine** v. 44, n. 2, p. 269–279 , 2014.

GLAISTER, M. Multiple Sprint Work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. **Sports Med** v. 35, n. 9, p. 757–777 , 2005. Disponível em: <<https://link-springer-com.ezproxy.leedsbeckett.ac.uk/content/pdf/10.2165%2F00007256-200535090-00003.pdf>>.

GLAISTER, M. *et al.* The influence of recovery duration on multiple sprint cycling performance. **J Strength Cond Res** v. 19, n. 4, p. 831 , 2005.

GLAISTER, Mark *et al.* Familiarization, reliability, and evaluation of a multiple sprint running test using self-selected recovery periods. **J Strength Cond Res** v. 24, n. 12, p. 3296–3301 , dez. 2010.

GLIEMANN, L *et al.* 10-20-30 training increases performance and lowers blood pressure and VEGF in runners. **SCANDINAVIAN JOURNAL OF MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS** v. 25, n. 5, p. E479–E489 , 2015.

GONZÁLEZ-MOHÍNO, F. *et al.* Effects of continuous and interval training on running economy, maximal aerobic speed and gait kinematics in recreational runners. **J Strength Cond Res** v. 30, n. 4, p. 1059–1066 , 2016.

GONZÁLEZ-MOHÍNO, F. *et al.* The effects of interval and continuous training on the oxygen cost of running in recreational runners : A systematic review and meta - analysis. **Sports Med** , 2019.4027901901201.

GREEN, D.J. *et al.* Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. **J Physiol** v. 561, n. 1, p. 1–25 , 2004.

GUNNARSSON, T.P.; BANGSBO, J. The 10-20-30 training concept improves performance and health profile in moderately trained runners. **J Appl Physiol** v. 113, p. 16–24 , 2012.

HAIR, J.F. *et al.* When to use and how to report the results of PLS-SEM. **Eur Bus Rev** v. 31, n. 1, p. 2–24 , 14 jan. 2019. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/EBR-11-2018-0203/full/html>>.

HAUTALA, A.J.; KIVINIEMI, A.M.; TULPPO, M.P. Individual responses to aerobic exercise: The role of the autonomic nervous system. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews** v. 33, n. 2, p. 107–115 , 2009.

HEATH, E.H. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 7th Edition. **Med Sci Sports Exerc** v. 37, n. 11, p. 2018 , nov. 2005.

HO, R. **Handbook of univariate and multivariate data analysis with IBM SPSS**. 2nd ed. ed. New York, NY: [s.n.], 2014. .

HOLMES, C.J. *et al.* The effects of different body positions on the accuracy of ultra-short-term heart rate variability indexes. **J High Tech Manag Res** v. 31, n. 1, p. 100375 , 2020.

HOTTENROTT, L. *et al.* Recovery from different high-intensity interval training protocols: Comparing well-trained women and men. **SPORTS** v. 9, n. 3 , 2021.

INOUE, A. *et al.* Effects of sprint versus high-intensity aerobic interval training on cross-country mountain biking performance: A randomized controlled trial. **PLoS ONE** v. 11, n. 1 , 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0145298>>.

JOHNSTON, B.W. *et al.* Heart rate variability: Measurement and emerging use in critical care medicine. **J Int Care Soc** v. 21, n. 2, p. 148–157 , 2020.

KARVONEN, M.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate. A longitudinal study. **Annales Medicinal Experimentales Biologica Fennica** v. 35, p. 307–315 , 1957.

KEMI, O.J. *et al.* Moderate vs. high exercise intensity: differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. **Cardiovascular Research** v. 67, p. 161–172 , 2005.

KEMP, A.H.; QUINTANA, D.S. The relationship between mental and physical health : Insights from the study of heart rate variability. **Int J Psychophysiol** v. 89, n. 3, p. 288–296 , 2013.

KILPATRICK, M.W.; GREELEY, S.J.; COLLINS, L.H. The impact of continuous and interval cycle exercise on affect and enjoyment. **Res Quart Exerc and Sport** v. 86, p. 244–251 , 2015.

KILPATRICK, M.W.; JUNG, M.E.; LITTLE, J.P. High-Intensity Interval Training. A Review of Physiological and Psychological Responses. **ACSM's Health Fitness Journal** v. 18, n. 5, p. 11–16 , 2014.

KODAMA, S. *et al.* Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women. **JAMA** v. 301, n. 19, p. 2024–2031 , 20 maio 2009.

KOVRT, W.M. *et al.* American College of Sports Medicine Position Stand : physical activity and bone health Physical Activity and. **Med Sci Sports Exerc** p. 1985–1996 , 2004.0000142662.

KURTZ, T.W. *et al.* Recommendations for blood pressure measurements in animals: summary of an AHA scientific statement from the council on high blood pressure research, professional and public education subcommittee. **Arterioscler Thromb Vasc Biol** v. 25, n. 3, p. 478–479 , 2005.

LABORDE, S.; MOSLEY, E; THAYER, J.F. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research – Recommendations for experiment planning , data analysis , and data reporting. **Front Psychol** v. 8, n. February, p. 1–18 , 2017.

LAURSEN, P.B.; JENKINS, D.G. The scientific basis for high-intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. **Sports Med** v. 32, n. 1, p. 53–73 , 2002.

LAVIE, Carl J. *et al.* Exercise and the cardiovascular system. **Circulation Research** v. 117, n. 2, p. 207–219 , 3 jul. 2015. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCRESAHA.117.305205>>.

LEGER, L.A.; LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol** v. 49, p. 1–12 , 1982.

LEPRETRE, P.M. *et al.* Impact of short-term aerobic interval training on maximal exercise in sedentary aged subjects. **Int J Clin Pract** v. 63, n. 10, p. 1472–1478 , 2009.

LIBERATI, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. **PLoS Medicine** v. 6, n. 7 , 2009.2006062298.

LITTLE, Jonathan P *et al.* A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. **J Physiol** v. 6, p. 1011–1022 , 2010.

LOTURCO, I. *et al.* Improving sprint performance in soccer: Effectiveness of jump squat and olympic push press exercises. **PLoS ONE** v. 11, n. 4, p. 1–12 , 2016.

MACHADO, F.A. *et al.* Incremental test design, peak “aerobic” running speed and endurance performance in runners. **J Sci Med Sport** v. 16, n. 6, p. 577–582 , 2013.

MACINNIS, M.J. *et al.* Superior mitochondrial adaptations in human skeletal muscle after interval compared to continuous single-leg cycling matched for total work. **J Physiol** v. 595, n. 9, p. 2955–2968 , 2017.

MACINNIS, M.J.; GIBALA, M.J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. **J Physiol** v. 595, n. 9, p. 2915–2930 , 2017.

MALLOL, M. *et al.* Physiological Response Differences between Run and Cycle High Intensity Interval Training Program in Recreational Middle Age Female Runners. **Journal of Sports Science and Medicine** v. 19, p. 508–516 , 2020.

MANOEL, F.A *et al.* Peak velocity and its time limit are as good as the velocity associated with VO₂max for training prescription in runners. **Sports Med International Open** v. 01, n. 01, p. E8–E15 , 2017.

MARQUES, M *et al.* Positive affective and enjoyment responses to four high-intensity interval exercise protocols. **Percept Mot Skills** v. 127, n. 4, p. 742–765 , 2020.

MARRIOTT, C.F.S. *et al.* High-intensity interval training in older adults: a Scoping review. **Sports Med - Open** v. 7, n. 49, p. 1–24 , 2021. Disponível em: <<https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L2013195744&from=export>>.

MCEWAN, G. *et al.* Interval running with self-selected recovery: Physiology, performance, and perception. **Europ J Sport Sci** v. 18, n. 8, p. 1058–1067 , 2018.

MENZ, V. *et al.* Functional Vs . Running Low-Volume High-Intensity Interval Training : Effects on VO₂ max and Muscular Endurance. **Journal of Sports Science and Medicine** v. 18, p. 497–504 , 2019.

MILANOVIĆ, Z.; SPORIŠ, G.; WESTON, M. Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. **Sports Med** v. 45, n. 10, p. 1469–1481 , 2015.

MOLMEN, H.E. *et al.* Aerobic interval training compensates age related decline in cardiac function. **Scandinavian Cardiovascular Journal**, v. 46, p. 163–171 , 2012.

MORAIS, J.E. *et al.* Longitudinal modeling in sports: Young swimmers' performance and biomechanics profile. **Human Movement Science** v. 37, p. 111–122 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2014.07.005>>.

MOREIRA, J.B.N.; WOHLWEND, M.; WISLØFF, U. Exercise and cardiac health: physiological and molecular insights. **Nature Metabolism** v. 2, n. 9, p. 829–839 , 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s42255-020-0262-1>>.

NAKAMURA, F.Y. *et al.* Ultra-short-term heart rate variability is sensitive to training effects in team sports players. **J Sports Sci Med** v. 14, n. 3, p. 602–605 , 2015.

NAKAMURA, F.Y.; MOREIRA, A.; AOKI, M.S. Monitoramento da carga de treinamento: A percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **Rev Educ Física/UEM** v. 21, n. 1, p. 1–11 , 2010.

NEMOTO, K. *et al.* Effects of High-Intensity Interval Walking Training on Physical Fitness and Blood Pressure in Middle-Aged and Older People. **Mayo Clin Proc** v. 82, n. July, p. 803–811 , 2007.

NETO, G.R. *et al.* Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review. **Clin Physiol Funct Imag** v. 37, n. 6, p. 567–574 , nov. 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cpf.12368>>.

NOAKES, T.D.; MYBURGH, K.H.; SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the VO₂ max test predicts running performance. **J Sports Sci** v. 8, n. 1, p. 35–45 , mar. 1990.

NUUTTILA, O. *et al.* Reliability and sensitivity of nocturnal heart rate and heart-rate variability in monitoring individual responses to training load. **Int J Sports Physiol Perform** v. Ahead of P, p. 1–8 , 2022.

OGLIARI, G. *et al.* Resting heart rate, heart rate variability and functional decline in old age. **CMAJ** v. 187, n. 15 , 2015.

OLIVEIRA, N.A. *et al.* Assessment of cardiorespiratory fitness using submaximal protocol in older adults with mood disorder and Parkinson's disease. **Rev Psiq Clín** v. 40, n. 3, p. 88–92 , 2012.

PAL, S.; RADAVELLI-BAGATINI, S.; HO, S. Potential benefits of exercise on blood pressure and vascular function. **J Am Soc Hypertens** v. 7, p. 494–506 , 2013.

PARMAR, A.; JONES, T.W.; HAYES, P.R. The dose-response relationship between interval-training and VO₂max in well-trained endurance runners: A systematic review. **J Sports Sci** v. 39, n. 12, p. 1410–1427 , 2021.

- PERKINS, S.E. *et al.* Immediate and long term effects of endurance and high intensity interval exercise on linear and nonlinear heart rate variability. **J Sci Med in Sport** v. 20, n. 3, p. 312–316 , 2017.
- PESCATELLO, L.S. *et al.* Exercise and Hypertension. **Med Sci Sports Exerc** p. 533–553 , 2004.
- PHILLIPS, S.M.; THOMPSON, R.; OLIVER, J.L. Overestimation of required recovery time during repeated sprint exercise with self-regulated recovery. **J Strength Cond Res** v. 28, n. 12, p. 3385–3392 , 2014.
- PICHOT, V. *et al.* Interval training in elderly men increases both heart rate variability and baroreflex activity. **Clin Auton Res** v. 15, p. 107–115 , 2005.
- PLEWS, D.J. *et al.* Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes : Opening the door to effective monitoring. **Sports Med** v. 43, p. 773–781 , 2013.
- POON, E.T.C. *et al.* Interval training versus moderate-intensity continuous training for cardiorespiratory fitness improvements in middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis. **J Sports Sci** v. 39, n. 17, p. 1996–2005 , 2021.
- POON, K. Effects of aerobic exercise and high-intensity interval training on the mental health of adolescents living in poverty: Protocol for a randomized controlled trial. **JMIR Research Protocols** v. 11, n. 1, p. e34915 , 17 jan. 2022. Disponível em: <<https://www.researchprotocols.org/2022/1/e34915>>.
- QUINTANA, D.S. *et al.* Heart rate variability is associated with emotion recognition: Direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition. **Int J Psychophysiol** v. 86, n. 2, p. 168–172 , 2012.
- QUINTANA, D.S.; HEATHERS, J.A.; KEMP, A.H. On the validity of using the Polar RS800 heart rate monitor for heart rate variability research. **Eur J Appl Physiol** v. 112, n. 2, p. 4179–4180 , 2012.
- RIBEIRO, J.N. *et al.* Variation in physical performance of futsal players during congested fixtures. **Int J of Sports Physiol and Performance** v. 17, n. 3, p. 367–373 , 2022.
- ROBERGS, R.A. Exercise-Induced Metabolic Acidosis: Where do the Protons come from? **Sports Science** v. 5, n. 2, p. 2–19 , 2001.
- RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, A. *et al.* Effects of short-term in-season break detraining on repeated-sprint ability and intermittent endurance according to initial performance of soccer player. **PLOS ONE** v. 13, n. 8, p. e0201111 , 15 ago. 2018. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0201111>>.

ROSENBLAT, M.A. *et al.* Programming interval training to optimize time-trial performance: A systematic review and meta-analysis. **Sports Med** v. 51, p. 1687–1714 , 2021.4027902101457.

ROSENBLAT, M.A.; GRANATA, C.; THOMAS, S.G. Effect of interval training on the factors influencing maximal oxygen consumption: A systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine** v. 52, n. 6, p. 1329–1352 , 18 jun. 2022. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s40279-021-01624-5>>.

SÁNCHEZ-OTERO, T. *et al.* Active vs. passive recovery during an aerobic interval training session in well-trained runners. **Eur J Appl Physiol** v. 122, p. 1281–1291 , 2022.0123456789.

SANT'ANA, L.O. *et al.* Effects of cardiovascular interval training in healthy elderly subjects: A systematic review. **Front Physiol** v. 11, n. July, p. 1–10 , 2020.

SANT'ANA, L.O. *et al.* Acute effects of different sprint intervals on blood pressure, heart Rate variability, lactate and performance responses in physically active men. **The Open Sports Sci J** v. 15, p. 1–11 , 2022.

SANT'ANA, L.O. *et al.* Eight weeks of interval training led to no improvement in cardiovascular variables in the elderly. **The Open Sports Sci J** v. 13, p. 73–80 , 2020.

SANT'ANA, L.O.; BARA-FILHO, M.G.; VIANNA, J.M. Monitoramento da carga de treinamento na corrida: Aspectos fisiológicos e metodológicos na aplicabilidade prática desta modalidade. **Res Soc Develop** v. 10, n. 9, p. 1–11 , 2021.0000000315944.

SANTOS, A. *et al.* Rates of compliance and adherence to high-intensity interval training in insufficiently active adults : a systematic review and meta-analysis protocol. **BMC** v. 9, n. 56, p. 1–6 , 2020.1364302001301.

SANTOS, L.E.R. *et al.* Effects of self-selected passive recovery time in interval exercise on perceptual and heart rate responses in older women: A promissory approach. **J Aging Phys Activ** p. 1–11 , 2021.

SCARTONI, F.R. *et al.* Physical conditioning index on Active Elderly Population. **Biom J Sci Tech Res** v. 11, n. 5, p. 8–11 , 2018.

SCHMITT, L.; REGNARD, J.; MILLET, G.P. Monitoring fatigue status with HRV measures in elite athletes : An avenue beyond RMSSD ? **Front Physiol** v. 6, n. 343, p. 1–3 , 2015.

SCHNEIDER, C. *et al.* Heart rate monitoring in team sports — A conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. **Frontiers in Physiology** v. 9, n. May, p. 1–19 , 2018.

SEILER, K.S.; KJERLAND, G.Ø. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: Is there evidence for an “optimal” distribution? **Scand J Med Sci Sports** v. 16, n. 1, p. 49–56 , 2006.

SHAFFER, F.; MCCRATY, R.; ZERR, C.L. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart’s anatomy and heart rate variability. **Frontiers in Psychology** v. 5, n. September, p. 1–19 , 2014.

SILVA, R. *et al.* Effects of a 4-week high-intensity interval training on pacing during 5-km running trial. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research** v. 50, n. 12, p. 1–7 , 2017.

SMILIOS, I. *et al.* The effects of recovery duration during high-intensity interval exercise on time spent at high rates of oxygen consumption, oxygen kinetics, and blood lactate. **J Strength Cond Res** v. 32, n. 8, p. 2183–2189 , 2018.

SONGSORN, P. *et al.* The effect of whole-body high-intensity interval training on heart rate variability in insufficiently active adults. **Journal of Exercise Science and Fitness** v. 20, n. 1, p. 48–53 , 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jesf.2021.10.003>>.

SOUSA, A.F.M. *et al.* Improvements in attention and cardiac autonomic modulation after a 2-weeks sprint interval training program: A fidelity approach. **Frontiers in Physiology** v. 9, n. MAR, p. 1–9 , 2018.

SPENCER, M. *et al.* Metabolism and performance in repeated cycle sprints : Active versus passive recovery. **Med Sci Sports Exerc** v. 38, n. 8, p. 1492–1499 , 2006.

STANLEY, J.; PEAKE, J.M.; BUCHHEIT, M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: Implications for training prescription. **Sports Med** v. 43, n. 12, p. 1259–1277 , 2013.

STROUP, D.F. *et al.* Meta-analysis of observational studies in epidemiology: A Proposal for reporting. **JAMA** v. 283, n. 15 , 19 abr. 2008. Disponível em: <<http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.283.15.2008>>.

SWAIN, D.P. *et al.* Relationship between % heart rate reserve and %VO₂ reserve in treadmill exercise. **Med Sci Sports Exerc** v. 30, n. 2, p. 318–321 , fev. 1998.

TANAKA, H.; MONAHAN, K.D.; SEALS, D.R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **J Am Coll Cardiol** v. 37, n. 1, p. 153–156 , 2001.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY. Heart rate variability. standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **Circulation** v. 93, p. 1043–1065 , 1996.

TAYLOR, J. *et al.* The chronic effect of interval training on energy intake: A systematic review and meta-analysis. **J Obesity** v. 2018 , 2018.

THIBAULT, G. A graphical model for interval training. **New Stud Athlet** v. 18, n. 3, p. 49–55, 2003.

TOPOUCHIAN, J.A. *et al.* Validation of two automatic devices for self-measurement of blood pressure according to the International Protocol of the European Society of Hypertension : the Omron M6 (HEM-7001-E) and the Omron R7 (HEM 637-IT). **Blood Press Monit** v. 6, p. 165–171, 2006.

TOUBEKIS, A.G. *et al.* Effect of different intensities of active recovery on sprint swimming performance. **Appl Physiol Nutr Metab** v. 31, p. 709–716, 2006.

TOUBEKIS, A.G.; DOUDA, H.T. Influence of different rest intervals during active or passive recovery on repeated sprint swimming performance. **Eur J Appl Physiol** v. 93, p. 694–700, 2005.

ULBRICH, A.Z. *et al.* Comparative effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on quality of life in patients with heart failure: Study protocol for a randomized controlled trial. **Clin Trials Regul Sci Cardiol** v. 13, p. 21–28, 2016.

UTTER, A.C. *et al.* Validation of the adult OMNI Scale of Perceived Exertion for walking/running exercise. **Med Sci Sports Exerc** v. 36, n. 10, p. 1776–1780, 2004.

VANDERLEI, L.C.M. *et al.* Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. v. 24, n. 2, p. 205–217, 2009.

VANZELLA, L.M.; LINARES, S.N.; *et al.* Effects of a new approach of aerobic interval training on cardiac autonomic modulation and cardiovascular parameters of metabolic syndrome subjects. **Arch Endocrinol Metab** v. 63, n. 2, 2019.

VANZELLA, L.M.; DAGOSTINHO, D.B.B.; *et al.* Periodized aerobic interval training modifies geometric indices of heart rate variability in metabolic syndrome. **Medicina** v. 55, n. 532, p. 1–11, 2019.

WAHL, P. *et al.* Active vs. passive recovery during high-intensity training influences hormonal response. **Int J Sports Med** v. 35, n. 7, p. 583–589, 2014.

WEN, D.Z. *et al.* Effects of different protocols of high intensity interval training for VO2 max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. **J Sci Med Sport** v. 22, n. 8, p. 941–947, 2019.

WIEWELHOVE, T. *et al.* Active recovery after high-intensity interval-training does not attenuate training adaptation. **Frontiers in Physiology** v. 9, n. APR, 2018. Disponível em: <<https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L621709742&from=export>>.

WILLIAMS, B. *et al.* 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. **Eur Heart J** v. 00, p. 1–98, 2018.

WISLØFF, U.; ELLINGSEN, Ø.; KEMI, O.J. High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? **Exerc Sport Sci Rev** v. 37, n. 3, p. 139–146 , jul. 2009. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00003677-200907000-00006>>.

YOU, Y. *et al.* Bibliometric review to explore emerging high-intensity interval training in health promotion: A new century picture. **Front Public Health** v. 9, p. 1–17 , 2021.

YOUNG, H. A.; BENTON, D. Heart-rate variability : a biomarker to study the influence of nutrition on physiological and psychological health ? **Behavioural Pharmacology** v. 29, n. 2–3, p. 140–151 , 2018.00000000000000.

APÊNDICE A

Estudo I: Publicado na *The Open Sports Sciences Journal*

1875-399X/22

Send Orders for Reprints to reprints@benthamscience.net

1



The Open Sports Sciences Journal

Content list available at: <https://opensportssciencesjournal.com>

RESEARCH ARTICLE

Acute Effects of Different Sprint Intervals on Blood Pressure, Heart Rate Variability, Lactate and Performance Responses in Physically Active Men

Leandro de Oliveira Sant'Ana^{*,1,2,3}, Fabiana Rodrigues Scartoni³, Thiago Martins da Cruz⁴, Aline Aparecida de Souza Ribeiro^{1,2}, Natália Rodrigues dos Reis^{1,2}, João Guilherme Vieira da Silva^{1,2}, Yuri de Almeida Costa Campos^{1,2}, Gleisson da Silva Araujo⁵, Estêvão Rios Monteiro⁵, Sérgio Machado^{6,7}, Antônio Paulo Castro², Jefferson da Silva Novaes^{2,5} and Jeferson Macedo Vianna^{1,2}

¹Post-Graduate Program in Physical Education, Federal University of Juiz de Fora, , Petrópolis, MG, Brazil

²Strength Training Studies and Research Laboratory, Federal University of Juiz de Fora, MG, Brazil.

³Laboratory of Sport and Exercise Sciences, Catholic University of Petrópolis, , Petrópolis, RJ, Brazil

⁴Department of Physical Education, Estácio de Sá University, Petrópolis, RJ, Brazil.

⁵Post-Graduate Program in Physical Education, Federal University of Rio de Janeiro, , Rio de Janeiro, RJ, Brazil

⁶Laboratory of Neuroscience of Physical Activity, Salgado de Oliveira University, , Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

⁷Departament of Sports Methods and Techniques, Federal University of Santa Maria, Santa Maria, Brazil

Abstract:

Background:

Sprint interventions can be an excellent alternative for promoting positive adaptations to health and performance.

Objectives:

To verify the responses of different intervals between sprints in blood pressure, heart rate variability, lactate, and performance responses in physically active men.

Methods:

Ten male runners participated in the present study, trained in street running with at least one year of experience and a maximum of 3 years, with training frequency of at least two times and at the most four times weekly sessions, all participants without any kind of restrictions that could hinder the interventions—performing three *sprint* sessions (10 x 30m all out). Participants visited the laboratory on four occasions for ten consecutive days, with an interval of 48 hours between each visit. The first visit was intended to familiarize the participants with all experimental procedures. The remaining three visits were used to carry out the experimental protocols. At each visit, resting values of blood pressure (BP), heart rate variability (HRV), and lactate variables were collected. After rest collections, each participant completed the following experimental conditions: a) 10 sprint series (all-out) of 30 meters with 20 seconds of recovery (S₂₀), b) 10 sprint series (all-out) of 30 meters with 30 seconds of recovery (S₃₀) and c) 10 sprint series (all-out) of 30 meters with 40 seconds of recovery (S₄₀). After each protocol, the lactate values were collected 2 minutes and 30 seconds after the end of the sprints; BP was collected 60 minutes after the intervention (Post-10, Post-20, Post-30, Post-40, and Post- 50). After the blood pressure (BP) data was determined, the mean arterial pressure (MBP) was calculated using the formula $MBP = SBP + (DBP \times 2) / 3$. The HRV was collected between 50 and 60 minutes after the end of the sprint session.

Results:

The study observed significant differences in the lactate variable for the comparison in the post and pre moments for all experimental conditions (S₂₀, S₃₀, and S₄₀) ($p < 0.001$). Besides, significant differences were observed in effort perception for S₂₀ and S₃₀ from the sixth sprint ($p < 0.05$). At S₄₀, significant discrepancies in effort perception started from the fifth sprint ($p < 0.05$). No other significant differences were observed for BP (systolic, diastolic and mean) for all post-pre periods. Still in BP, in a post (intra) analysis, the conditions S₂₀ and S₄₀ demonstrated greater capacity for recovery of BP, suggesting a possible greater parasympathetic capacity. For HRV and sprint performance, no difference was found ($p < 0.05$).

Conclusion:

The present study demonstrated that different recovery intervals did not reflect significant differences in hemodynamic, autonomic, lactate responses, and active individuals' performance submitted to sprint sessions. This study applied a protocol (10 x 30 m all out) with different recovery times (20, 30, and 40 seconds), and which, given this experiment, can serve as a training strategy (for health or performance) at different levels of physical conditioning.

Keywords: Sprints, Hemodynamic function, Autonomic function, Lactate, Performance, Blood pressure.

DOI: 10.2174/1875399X-v15-e21022601, 2022, 15, e1875399X21022601

APÊNDICE B

Estudo II: Publicado na *Journal of Physical Education*

DOI: 10.4025/jphyseduc.v34i1.3408

Original Article

ACUTE EFFECTS OF DIFFERENT INTERVALS BETWEEN REPEATED SPRINTS ON PERFORMANCE RESPONSES IN AMATEUR FUTSAL ATHLETES

EFEITOS AGUDOS DE DIFERENTES INTERVALOS ENTRE SPRINT REPETIDOS SOBRE AS RESPOSTAS DE DESEMPENHO EM ATLETAS AMADORES DE FUTSAL

Leandro Sant'Ana¹, Lucas Muniz Carnevalli², Sérgio Machado³, Gilmar Weber Senna^{2,4}, Estevão Scudese⁴, Jeferson Macedo Vianna¹, and Cristiano Queiroz de Oliveira²

¹ Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG, Brazil

² Catholic University of Petrópolis, Petrópolis-RJ, Brazil

³ Federal University of Santa Maria, Santa Maria-RS, Brazil

⁴ Federal State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, Brazil

RESUMO

Objetivo: Verificar a influência dos diferentes tempos de intervalo entre os sprints no desempenho dos atletas de futsal amadores. **Métodos:** 10 indivíduos, homens, atletas de futsal amadores (Idade: $21,5 \pm 1,6$; Peso: $72,4 \pm 6,88$; Altura: $1,72 \pm 0,05$; IMC: $24,3 \pm 1,2$; Gordura%: $13,7 \pm 3,3$, VO_{2peak} : $49,1 \pm 10,5$) participou no estudo. Os indivíduos foram selecionados aleatoriamente para realizar sessões com sprints (10 conjuntos 20 m) com diferentes tempos de pausa de 15 (S15), 30 (S30) e 60 (S60) segundos. Para análise do desempenho, a velocidade (km/h) aplicada a cada sprint foi utilizada e monitorizada por um dispositivo com uma fotocélula (CEFISE Biotecnologia Esportiva®). **Resultados:** Houve uma interação entre velocidade e tempo de intervalo ($p = 0,000$). Para a condição S15, observou-se uma maior redução no desempenho ($p \leq 0,05$), enquanto para S30 e S60, não se observou qualquer redução significativa no desempenho ($p > 0,05$). Os dados para a área sob a curva mostraram uma diferença significativa ($p = 0,000$), onde o intervalo de 60 s (S60) foi mais longo em comparação com os valores de 30 (S30) ($p = 0,000$) e 15 s (S15) ($p = 0,000$). No entanto, não houve diferenças significativas entre os dados de 30 e 15 s ($p = 0,248$). **Conclusão:** Um intervalo de tempo mais curto (15 s) entre sprints repetidos pode afetar significativamente o desempenho em comparação com os intervalos mais longos (30 e 60 s), mas todas as condições aqui testadas podem ser positivas para a melhoria do desempenho, principalmente nos desportos que exigem ações motoras rápidas e eficientes, tais como o futsal.

Palavras-chave: treino de sprint repetido; desempenho na velocidade; fisiologia; desporto

ABSTRACT

Objective: Verify the influence of different break times between sprints on the performance of amateur futsal athletes. **Methods:** 10 individuals, men, amateur futsal athletes (Age: 21.5 ± 1.6 ; Weight: 72.4 ± 6.88 ; Height: 1.72 ± 0.05 ; BMI: 24.3 ± 1.2 ; Fat%: 13.7 ± 3.3 , VO_{2peak} : 49.1 ± 10.5) participated in the study. Individuals were randomly selected to perform sessions with sprints (10 sets 20 m) with different pause times of 15 (S15), 30 (S30) and 60 (S60) seconds. For performance analysis, the speed (km / h) applied to each sprint was used and monitored by a device with a photocell (CEFISE Biotecnologia Esportiva®). **Results:** There was an interaction between speed and interval time ($p = 0.000$). For condition S15, a greater reduction in performance was observed ($p \leq 0.05$), while for S30 and S60, no significant reduction in performance was observed ($p > 0.05$). The data for the area under the curve showed a significant difference ($p = 0.000$), where the interval of 60 s (S60) was longer compared to the values of 30 (S30) ($p = 0.000$) and 15 s (S15) ($p = 0.000$). However, there were no significant differences between the 30 and 15 s data ($p = 0.248$). **Conclusion:** A shorter time (15 s) interval between repeated sprints can significantly affect performance compared to longer breaks (30 and 60 s), but all the conditions tested here can be positive for the improvement of performance, mainly in sports that demand fast and efficient motor actions such as futsal.

Keywords: repeated sprint training; speed performance; physiology; sports

APÊNDICE C

Estudo III: Publicado na *Frontiers in Physiology*

SYSTEMATIC REVIEW
published: 31 July 2020
doi: 10.3389/fphys.2020.00739



Effects of Cardiovascular Interval Training in Healthy Elderly Subjects: A Systematic Review

Leandro de Oliveira Sant'Ana^{1,2*}, Sérgio Machado³, Aline Aparecida de Souza Ribeiro¹, Natália Rodrigues dos Reis¹, Yuri de Almeida Costa Campos¹, João Guilherme Vieira da Silva¹, Fabiana Rodrigues Scartoni², Amanda Fernandes Brown⁴, Estêvão Rios Montelero⁴, Jefferson da Silva Novaes⁴, Jeferson Macedo Vianna¹ and Henning Budde⁵

¹ Post Graduate Program in Physical Education, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brazil, ² Sport and Exercise Science Laboratory, Catholic University of Petrópolis, Rio de Janeiro, Brazil, ³ Laboratory of Physical Activity Neuroscience, Salgado de Oliveira University, Rio de Janeiro, Brazil, ⁴ School of Physical Education and Sports, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, ⁵ Faculty of Human Sciences, Medical School Hamburg, University of Applied Science and Medical University, Hamburg, Germany

OPEN ACCESS

Edited by:

Ronald F. Zernicke,
University of Michigan, United States

Reviewed by:

Henry N. Willford,
Auburn University at Montgomery,
United States
Karen Søgaard,
University of Southern
Denmark, Denmark

*Correspondence:

Leandro de Oliveira Sant'Ana
losantana.ufjf@gmail.com

Specialty section:

This article was submitted to
Exercise Physiology,
a section of the journal
Frontiers in Physiology

Received: 28 March 2020

Accepted: 08 June 2020

Published: 31 July 2020

Citation:

Sant'Ana LO, Machado S, Ribeiro AAS, Reis NR, Campos YAC, Silva JGV, Scartoni FR, Brown AF, Montelero ER, Novaes JS, Vianna JM and Budde H (2020) Effects of Cardiovascular Interval Training in Healthy Elderly Subjects: A Systematic Review. *Front. Physiol.* 11:739. doi: 10.3389/fphys.2020.00739

The aim of this review is to demonstrate the effects of cardiovascular interval training (IT) on healthy elderly subjects. We used the recommendations of the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. The following variables were observed: resting heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), mean arterial pressure (MAP), heart rate variability (HRV), baroreflex activity (BA), and maximal oxygen uptake (VO_{2max}). Studies were searched for in the MedLine, PubMed, and Sport Discus databases considering publications between 1990 and 2019. To find the studies, the keywords used were "Interval and Elderly Training" or "Interval Training and Baroreflex Sensing" or "Interval Training and Aging and Pressure Arterial and Blood Pressure Training" or "Interval Training and Variation in Aging and Heart Rate" or "Interval Training and Sensitivity to the Elderly and Baroreflex" or "Interval Training and Variability in the Elderly and Heart Rate." The systematic search identified 1,140 hits. The analysis of the study was performed through a critical review of the content. One thousand one hundred forty articles were identified. Of these, 1,108 articles were excluded by checking the articles and abstracts. Finally, 32 studies were selected for full reading while 26 studies were eliminated because they did not contain a methodology according to the purpose of this review. Thus, six studies were included for the final analysis. The PEDro score was used for analyzing the study quality and found $4,8 \pm 1,3$ points (range: 3–6). Positive results were found with the different IT protocols in the observed variables. Results show that IT protocols can be an efficient method for functional improvement of cardiovascular and cardiorespiratory variables in the healthy elderly, especially HR, SBP, DBP, MAP, HRV, BA, and VO_{2max} . However, this method can be included in the prescription of aerobic training for the elderly to obtain conditional improvements in the cardiovascular system, thus being an important clinical intervention for the public.

Keywords: aerobic training, autonomic response, hemodynamic response, blood pressure, healthy elderly

APÊNDICE D

Estudo IV: Publicado na *The Open Sports Sciences Journal*

1875-399X/20

Send Orders for Reprints to reprints@benthamscience.net

73



The Open Sports Sciences Journal

Content list available at: <https://opensportssciencesjournal.com>

RESEARCH ARTICLE

Eight Weeks of Interval Training Led to no Improvement in Cardiovascular Variables in the Elderly

Leandro de Oliveira Sant'Ana^{1,2,3,*}, Jeferson Macedo Vianna^{1,2}, Natália Rodrigues dos Reis^{1,2}, Aline Aparecida de Souza Ribeiro^{1,2}, Bruno de Oliveira Soares⁴, Jefferson da Silva Novaes⁵, Fabiana Rodrigues Scartoni³ and Sérgio Machado^{6,7}

¹Postgraduate Program in Physical Education, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brazil.

²Strength Training Studies and Research Laboratory, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brazil

³Laboratory of Sport and Exercise Sciences, Catholic University of Petrópolis, Petrópolis, RJ, Brazil

⁴Department of Physical Education, Estácio de Sá University, Petrópolis, RJ, Brazil

⁵Postgraduate Program in Physical Education, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

⁶Laboratory of Physical Activity Neuroscience, Salgado de Oliveira University, Niterói, Brazil

⁷Laboratory of Physical Activity Neuroscience, Neurodiversity Institute, Queimados, RJ, Brazil

Abstract:

Background:

Interval training is a method with high acceptance in prescription to increase health and can be an essential intervener in improving cardiovascular function.

Objective:

This study aimed to verify the effects of eight weeks of interval training with different intensities on hemodynamic and autonomic function, which were assessed through resting heart rate, blood pressure, dual product, and heart rate variability.

Methods:

The sample consisted of 24 older men (age: 68.8 ± 6.8 years, body mass: 74.4 ± 18.1 kg, height: 1.70 ± 0.8 m; BMI: $25.1 \pm 2, 2$) who were physically active. Participants were randomized into 3 experimental groups: training group A (TG_A, n = 8), training group B (TG_B, n = 8) and control group (CG, n = 8). For trained groups, interventions were developed twice a week for eight weeks, with an interval of 48 hours between the sessions. The evaluations were carried out at the pre (baseline) and after the eighth week of intervention. The control group did not perform any intervention. The variables were analyzed for 10 minutes with subjects at rest in the sitting position before and after the intervention. Statistics with a significance level of $p < 0.05$ were applied.

Results:

After the intervention, no statistically significant results were found in the variables assessed ($p > 0.05$).

Conclusion:

The intervention was not sufficient to promote statistical differences in hemodynamic and autonomic variables.

Keywords: Interval Training, Hemodynamic Response, Autonomic Response, Cardiovascular Variables, Cardiovascular Health, Elderly.

Article History	Received: April 24, 2020	Revised: July 2, 2020	Accepted: July 7, 2020
------------------------	--------------------------	-----------------------	------------------------

APÊNDICE E

Artigo V: Publicado na *International Journal of Environmental Research and Public Health*International Journal of
Environmental Research
and Public Health

Article

Chronic Effects of Different Intensities of Interval Training on Hemodynamic, Autonomic and Cardiorespiratory Variables of Physically Active Elderly People

Leandro Sant'Ana^{1,2,*}, Diogo Monteiro^{3,4,5}, Henning Budde⁶, Aline Aparecida de Souza Ribeiro^{1,2}, João Guilherme Vieira^{1,2}, Estêvão Rios Monteiro^{7,8,9}, Fabiana Rodrigues Scartoni¹⁰, Sérgio Machado^{11,12} and Jeferson Macedo Vianna^{1,2}

- ¹ Post Graduate Program in Physical Education, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora 36036-900, MG, Brazil
 - ² Strength Training Studies and Research Laboratory, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora 36036-900, MG, Brazil
 - ³ ESECS, Polytechnic of Leiria, 2411-901 Leiria, Portugal
 - ⁴ Life Quality Research Centre (CIEQV), 2040-413 Leiria, Portugal
 - ⁵ Research Center in Sport, Health, and Human Development (CIDESD), 5001-801 Vila Real, Portugal
 - ⁶ Institute for Systems Medicine (ISM), Faculty of Human Sciences, Medical School Hamburg, University of Applied Science and Medical University, 20457 Hamburg, Germany
 - ⁷ Post Graduate Program in Physical Education, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 21941-599, RJ, Brazil
 - ⁸ Post Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Augusto Motta University Center, Rio de Janeiro 20911-300, RJ, Brazil
 - ⁹ Graduate Program in Physical Education, IBMR University Center, Rio de Janeiro 22631-002, RJ, Brazil
 - ¹⁰ Sport and Exercise Science Laboratory, Catholic University of Petrópolis, Petrópolis 25685-100, RJ, Brazil
 - ¹¹ Department of Sports Methods and Techniques, Federal University of Santa Maria, Santa Maria 97105-900, RS, Brazil
 - ¹² Laboratory of Physical Activity Neuroscience, Neurodiversity Institute, Queimados 26325-020, RJ, Brazil
- * Correspondence: losantana.ufjf@gmail.com; Tel.: +55-24992087699



Citation: Sant'Ana, L.; Monteiro, D.; Budde, H.; Ribeiro, A.A.d.S.; Vieira, J.G.; Monteiro, E.R.; Scartoni, F.R.; Machado, S.; Vianna, J.M. Chronic Effects of Different Intensities of Interval Training on Hemodynamic, Autonomic and Cardiorespiratory Variables of Physically Active Elderly People. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2023**, *20*, 5619. <https://doi.org/10.3390/ijerph20095619>

Academic Editor: Mário António Cardoso Marques

Received: 4 March 2023
Revised: 6 April 2023
Accepted: 18 April 2023
Published: 24 April 2023

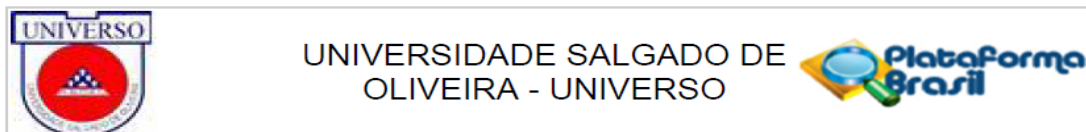


Abstract: Interval training (IT) is a very efficient method. We aimed to verify the chronic effects of IT with different intensities on hemodynamic, autonomic and cardiorespiratory variables in the elderly. Twenty-four physically active elderly men participated in the study and were randomized into three groups: Training Group A (TG_A, $n = 8$), Training Group B (TG_B, $n = 8$) and control group (CG, $n = 8$). The TG_A and TG_B groups performed 32 sessions (48 h interval). TG_A presented 4 min (55 to 60% of HRmax) and 1 min (70 to 75% of HRmax). The TG_B training groups performed the same protocol, but performed 4 min at 45 to 50% HRmax and 1 min at 60 to 65% HRmax. Both training groups performed each set six times, totaling 30 min per session. Assessments were performed pre (baseline) after the 16th and 32nd intervention session. The CG performed only assessments. Hemodynamic, autonomic and cardiorespiratory (estimated VO_{2max}) variables were evaluated. There were no significant differences between protocols and times ($p > 0.05$). However, the effect size and percentage delta indicated positive clinical outcomes, indicating favorable responses of IT. IT may be a strategy to improve hemodynamic, autonomic and cardiorespiratory behavior in healthy elderly people.

Keywords: interval training; cardioprotection; elderly; hemodynamic variables; heart rate variability; maximal oxygen consumption

ANEXO A

Paracer do Comitê de Ética dos estudos IV e V.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO INTERVALADO DE DIFERENTES INTENSIDADES NA VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDIACA, VO2MAX ESTIMADO, ESTADO PSICOLÓGICO E QUALIDADE DE VIDA EM IDOSOS

Pesquisador: Sergio Eduardo de Carvalho Machado

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 48827415.8.0000.5289

Instituição Proponente: ASSOCIACAO SALGADO DE OLIVEIRA DE EDUCACAO E CULTURA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.220.345

Apresentação do Projeto:

Adequada.

Objetivo da Pesquisa:

Apropriado.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Adequada.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Nada a acrescentar.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Nada a acrescentar.

Recomendações:

Nada a acrescentar.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nada digno de nota.

Endereço: MARECHAL DEODORO, 263 Bl. B - 3º andar
Bairro: CENTRO **CEP:** 24.030-060
UF: RJ **Município:** NITEROI
Telefone: (21)2138-4941 **Fax:** (21)2138-4941 **E-mail:** cepuniverso@nt.universo.edu.br

ANEXO B

Paracer do comitê de ética dos estudos I, II e VI.

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE
PETRÓPOLIS - UCP/RJ

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

Título da Pesquisa: Estratégias do Treinamento Intervalado e Contínuo nas Respostas Hemodinâmicas, Autonômicas, Bioquímicas, Metabólicas, Mecânicas e Perceptivas de Diferentes Populações

Pesquisador: Leandro de Oliveira Sant Ana

Versão: 1

CAAE: 59449822.2.0000.5281

Instituição Proponente: ASSOCIACAO FACULDADES CATOLICAS PETROPOLITANAS

DADOS DO COMPROVANTE

Número do Comprovante: 060388/2022

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Informamos que o projeto Estratégias do Treinamento Intervalado e Contínuo nas Respostas Hemodinâmicas, Autonômicas, Bioquímicas, Metabólicas, Mecânicas e Perceptivas de Diferentes Populações que tem como pesquisador responsável Leandro de Oliveira Sant Ana, foi recebido para análise ética no CEP Universidade Católica de Petrópolis - UCP/RJ em 08/06/2022 às 12:08.

Endereço: Rua: Benjamin Constant, 213 - Campus D. Veloso - Prédio da Reitoria - Bloco: E - Sala 112.

Bairro: Centro

CEP: 25.610-130

UF: RJ

Município: PETROPOLIS

Telefone: (24)2244-4016

E-mail: cep@ucp.br

ANEXO C

Termo de Consentimentos Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa “**Estratégias do Treinamento Intervalado e Contínuo nas Respostas Hemodinâmicas, Autonômicas, Bioquímicas, Metabólicas, Mecânicas e Perceptivas de Diferentes Populações**”. O motivo que nos leva a esta pesquisa é que a importância de identificar o que pode acontecer em diferentes maneiras de realizar a pausa entre estímulos. Sobretudo, no âmbito de prescrição de exercício físicos direcionados, toda informação alcançada será benéfica tanto para os profissionais da área, quanto para a sociedade como todo. Promovendo a saúde e melhorando, ainda mais, a compreensão dos indivíduos a respeito da prática do treinamento aeróbio.

Caso você concorde em participar, você será submetido a avaliações da pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca, frequência cardíaca, consumo máximo de oxigênio, análises metabólicas, velocidades e percepção do esforço. Realizará visitas programadas no laboratório para a realização das intervenções e das coletas de dados sobre as variáveis supracitadas. As intervenções serão conduzidas através da aplicação do treinamento intervalado e treinamento contínuo, ambos com diferentes manipulações das variáveis de treinamento (intensidade, tempo de estímulo e recuperação). Sobre os possíveis riscos relacionados, ao concordar a participar da pesquisa, as condutas didáticas e de controle físicos serão rigorosamente seguidas, desta maneira, iremos sempre priorizar a segurança e sobretudo, a integridade física do (a) participante.

Para participar desta pesquisa, você deverá assinar este termo de consentimento e, não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a).

O pesquisador não vai divulgar seu nome. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, Brasil), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em via original, que será arquivada pelo pesquisador responsável. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável.

Tendo o consentimento desta presente pesquisa, declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

_____, ____ de _____ de 20____.

Assinatura do (a) participante

Nome do Pesquisador Responsável: Professor Drd. Leandro de Oliveira Sant' Ana
Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil
Faculdade/Departamento/Instituto: Faculdade de Educação Física e Desportos
Fone: + 55 24 9 92087699
E-mail: leandrosantana.edufisica@hotmail.com