

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas – UFVJM
Gilton de Jesus Gomes

**EXERCÍCIO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE REALIZADO EM
MÚTIPLAS SESSÕES *VERSUS* SESSÃO ÚNICA DURANTE UM DIA. ESTUDO
COMPARATIVO DO DISPÊNDIO ENERGÉTICO, RESPOSTAS
CARDIOMETABÓLICAS E SENSIBILIDADE INSULÍNICA EM INDIVÍDUOS DE
MEIA-IDADE.**

Diamantina-MG

2024

Gilton de Jesus Gomes

**EXERCÍCIO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE REALIZADO EM
MÚLTIPLAS SESSÕES *VERSUS* SESSÃO ÚNICA DURANTE O DIA. ESTUDO
COMPARATIVO DO DISPÊNDIO ENERGÉTICO, RESPOSTAS
CARDIOMETABÓLICAS E SENSIBILIDADE INSULÍNICA EM INDIVÍDUOS DE
MEIA-IDADE.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Marco Fabrício Dias Peixoto, UFVJM

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Joaquim Gripp, UFVJM

Diamantina – Minas Gerais

2024

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

G633e Gomes, Gilton de Jesus
2024 EXERCÍCIO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE REALIZADO EM
MÚLTIPLAS SESSÕES VERSUS SESSÃO ÚNICA DURANTE UM DIA. ESTUDO
COMPARATIVO DO DISPÊNDIO ENERGÉTICO, RESPOSTAS
CARDIOMETABÓLICAS E SENSIBILIDADE INSULÍNICA EM INDIVÍDUOS DE
MEIA-IDADE. [manuscrito] / Gilton de Jesus Gomes. --
Diamantina, 2024.
99 p.

Orientador: Prof. Marco Fabricio Dias Peixoto.
Coorientador: Prof. Fernando Joaquim Gripp.

Tese (Doutorado Multicêntrico em Ciências Fisiológicas) --
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri,
Programa de Pós-Graduação em Multicêntrico em Ciências
Fisiológicas, Diamantina, 2024.

1. Exercício intervalado de alta intensidade (HIIT) -
Saúde. 2. Sessões curtas de exercício - Saúde. 3. Exercício
acumulado - Saúde. I. Dias Peixoto, Marco Fabricio . II.
Gripp, Fernando Joaquim. III. Universidade Federal dos Vales
do Jequitinhonha e Mucuri. IV. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFMG com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins Cruz/CRB6-
2886
e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFMG

GILTON DE JESUS GOMES

**EXERCÍCIO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE REALIZADO EM MÚLTIPLAS
SESSÕES *VERSUS* SESSÃO ÚNICA DURANTE UM DIA: ESTUDO COMPARATIVO
DO DISPÊNDIO ENERGÉTICO, RESPOSTAS CARDIOMETABÓLICAS E
SENSIBILIDADE INSULÍNICA EM INDIVÍDUOS DE MEIA-IDADE.**

Tese apresentada ao DOUTORADO
EM CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS,
nível de DOUTORADO, como parte
dos requisitos para obtenção do
título de DOUTOR EM CIÊNCIAS
FISIOLÓGICAS.

Orientador: Prof. Dr. MARCO
FABRICIO DIAS PEIXOTO

Data da aprovação: 07/06/2024


Prof. Dr. MARCO FABRICIO DIAS PEIXOTO (Orientador)


Prof. Dr. FLÁVIO DE CASTRO MAGALHÃES (UFVJM)

Prof. CÂNDIDO CELSO COIMBRA (UFMG)


Prof. MIGUEL ARAÚJO CARNEIRO JUNIOR (UFV)


Prof. OSWALDO DA COSTA MOREIRA (UFV)

Documento assinado digitalmente
 **CÂNDIDO CELSO COIMBRA**
Data: 14/06/2024 14:31:40-0308
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 **MARCO FABRICIO DIAS PEIXOTO**
Data: 16/06/2024 18:32:55-8308
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 **FLÁVIO DE CASTRO MAGALHÃES**
Data: 14/06/2024 16:40:47-8308
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 **MIGUEL ARAÚJO CARNEIRO JUNIOR**
Data: 14/06/2024 17:32:23-8308
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 **OSWALDO COSTA MOREIRA**
Data: 15/06/2024 16:52:23-8308
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

DEDICATÓRIA. Aos meus filhos Giovane e Diego, a minha esposa Rafaele, a toda a família e a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus pela dádiva da vida e por iluminar sempre meu caminho.

Aos meus pais, Geraldo e Maria pelo amor, educação, caráter, princípios e por sempre apoiar em todos os meus sonhos.

Aos meus filhos Giovane e Diego, pelo amor e grande força que vem de vocês, valeu FILHÃO e FILHÃOZINHO.

À minha esposa Rafaela, por embarcar em mais esta caminhada, pelo seu amor, parceria, cumplicidade, apoio e paciência; e por cuidar da “Triceria” com tanto amor e dedicação.

Aos meus irmãos, Geraldo e Gessiane pelo amor, força e apoio.

Ao professor e orientador Dr. Marco Fabrício, pela oportunidade, confiança, amizade e pelos grandes ensinamentos e competência.

Ao professor Dr. Fernando Gripp, pelo apoio e coorientação na continuidade do projeto HIIT.

Ao professor Dr. Fabiano Trigueiro Amorim, pela oportunidade inicial com a pesquisa na UFVJM, pela amizade e colaboração nesse trabalho.

Ao professor Dr. Caíque Magalhães, pelo grande auxílio, amizade e apoio durante todo o projeto.

Ao professor Dr. Flávio de Castro Magalhães, pela atenção, colaboração com esse trabalho e pelo aceite em participar como membro da banca de defesa.

Aos professores Dr. Cândido Celso Coimbra, Dr. Miguel Araújo Carneiro Júnior, Dr. Oswaldo Costa Moreira, Dr. Eric Francelino Andrade e Dr. Daniel Campos Vilela por aceitarem participar como membros da banca de defesa.

Aos companheiros do projeto Ilkilene Queiroz, Júlia Alves, Bruna Garcia, Joyce Costa, Otávio Almeida e aos colegas do LETFis, pela confiança, dedicação, convivência, aprendizados e amizade construída.

Aos voluntários da pesquisa, pela disposição e empenho nas atividades realizadas.

Ao Departamento de Educação Física, pelo apoio e liberação para a realização deste trabalho.

Aos servidores do DEFi/UFVJM, Flor e Emerson; do CIPq/UFVJM, Carol, Fidelis, Marcelo e Vinícius; e aos professores Daniel Vilela e Ana Cristina Lacerda, pelo apoio no DEFi e no LAFIEX.

Aos amigos dos esportes, futebol, voleibol, tênis e beachtennis, pela amizade e por me proporcionarem os momentos de descontração e alegria.

A todos os meus familiares pelas manifestações de carinho e apoio.

Aos velhos e novos, Grandes Amigos de Diamantina e Viçosa, sempre torcendo por mim.

Às Universidade Federal de Viçosa/UFV e Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/UFVJM pelo conhecimento adquirido.

Às agências de fomento à pesquisa CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que esta conquista se realizasse.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo comparar o dispêndio energético, respostas cardiometabólicas e sensibilidade insulínica, entre um exercício intervalado de alta intensidade realizado em uma única sessão (1xHIIE) *versus* três sessões mais curtas ao longo de um dia (3xHIIE) em pessoas de meia-idade. Em um ensaio clínico randomizado cruzado, homens fisicamente ativos ($VO_{2max} > 35\text{mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) com idade média de 48 (n=20) realizaram 3 protocolos experimentais. Um dia controle (CTRL) sem exercício, o protocolo 1xHIIE e 3xHIIE. Ambos os protocolos HIIE foram realizados em cicloergômetro e consistiram em uma sessão de exercício de 21 minutos. A diferença entre os protocolos HIIE foi que, enquanto no protocolo 1xHIIE os indivíduos realizaram os 21 minutos de exercício em uma única sessão, no 3xHIIE os indivíduos realizaram os 21 minutos de exercício em 3 blocos de 7 minutos separados por 4 horas entre os blocos. Inicialmente foi realizado um protocolo de rampa em cicloergômetro para determinação do VO_2 máximo e potência pico (PPO) para a prescrição da intensidade do exercício. O VO_2 no repouso, durante e após as sessões de exercício, foi medido por um analisador de gases; também foram avaliados a frequência cardíaca (FC), o lactato sanguíneo, a percepção subjetiva de esforço-PSE (*Borg*), a pressão arterial (PA) e escala de prazer do exercício. Além disso, foi realizado um teste oral de tolerância à glicose (TOTG) para avaliação da glicemia e insulina de jejum e a sensibilidade à insulina (SI) através de vários índices baseados em parâmetros do TOTG. O consumo de oxigênio e dispêndio energético durante a recuperação foi cerca de duas vezes maior no 3xHIIE vs. 1xHIIE. Quando somados (exercício e recuperação), o consumo de oxigênio e dispêndio energético total foi maior no 3xHIIE vs. 1xHIIE. Esta diferença foi devido a um maior VO_2 na recuperação, consumo de oxigênio pós exercício (EPOC), tendo em vista que não houve diferença do VO_2 e dispêndio energético durante o exercício nos protocolos 1xHIIE e 3xHIIE. O protocolo 1xHIIE induziu um aumento superior na FC, PAS, PSE e lactato quando comparado ao 3xHIIE. Não houve diferenças nas respostas da PAD, PAM entre os protocolos 1xHIIE e 3xHIIE. Quanto à glicemia de jejum e insulina, estão dentro de parâmetros normais e não houve diferença na SI entre as três situações experimentais CTRL, 1xHIIE e 3xHIIE. Ambos os protocolos geraram prazer pelo exercício semelhantes. Em conjunto, os resultados deste estudo mostram que o 3xHIIE provoca um maior dispêndio energético que o 1xHIIE; a resposta cardiovascular ao exercício é maior durante a realização do 1xHIIE; e os diferentes protocolos de exercício não produziram efeitos importantes sobre a SI na manhã seguinte, após aproximadamente 14h à sessão de exercício.

Palavras chaves: Consumo Excessivo de Oxigênio Pós-exercício (EPOC); exercício intervalado de alta intensidade (HIIT); sessões curtas de exercício; exercício acumulado.

ABSTRACT

This study aimed to compare energy expenditure, cardiometabolic responses, and insulin sensitivity between a high-intensity interval exercise performed in a single session (1xHIIE) versus three shorter sessions over the course of a day (3xHIIE) in middle-aged individuals. In a randomized crossover clinical trial, physically active men ($VO_{2max} > 35 \text{ mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) with a mean age of 48 ($n=20$) performed 3 experimental protocols: a control day (CTRL) without exercise, the 1xHIIE protocol, and the 3xHIIE protocol. Both HIIE protocols were performed on a cycle ergometer and consisted of a 21-minute exercise session. The difference between the HIIE protocols was that, while in the 1xHIIE protocol, individuals performed the 21 minutes of exercise in a single session, in the 3xHIIE protocol, individuals performed the 21 minutes of exercise in 3 blocks of 7 minutes separated by 4 hours between blocks. Initially, a ramp protocol was performed on a cycle ergometer to determine maximum VO_2 and peak power (PPO) for prescribing exercise intensity. VO_2 at rest, during and after exercise sessions, was measured by a gas analyzer; heart rate (HR), blood lactate, subjective perception of exertion-RPE (Borg), blood pressure (BP) and exercise pleasure scale were also evaluated. In addition, an oral glucose tolerance test (OGTT) was performed to assess fasting blood glucose and insulin and insulin sensitivity (IS) through several indices based on OGTT parameters. Oxygen consumption and energy expenditure during recovery were approximately twice as high in 3xHIIE vs. 1xHIIE. When added (exercise and recovery), oxygen consumption and total energy expenditure were higher in 3xHIIE vs. 1xHIIE. This difference was due to a higher VO_2 during recovery, post-exercise oxygen consumption (EPOC), considering that there was no difference in VO_2 and energy expenditure during exercise in the 1xHIIE and 3xHIIE protocols. The 1xHIIE protocol induced a greater increase in HR, SBP, RPE and lactate when compared to 3xHIIE. There were no differences in DBP, MAP responses between the 1xHIIE and 3xHIIE protocols. As for fasting blood glucose and insulin, they are within normal parameters and there was no difference in SI between the three experimental situations CTRL, 1xHIIE and 3xHIIE. Both protocols generated similar pleasure from exercise. Together, the results of this study show that 3xHIIE causes greater energy expenditure than 1xHIIE; the cardiovascular response to exercise is greater during 1xHIIE; and the different exercise protocols did not produce significant effects on SI the following morning, approximately 14 h after the exercise session.

Key words: Excess Post-exercise Oxygen Consumption (EPOC); high-intensity interval training (HIIT); short bouts of exercise; cumulative exercise.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estimativa de prevalência de obesidade no Brasil.....	21
Figura 2 – Número de pessoas (20-79) com diabetes por idade em 2021 e estimativa de prevalência em 2045.....	22
Figura 3 – Prevalência de hipertensão arterial sistêmica em adultos de 30-79 anos.....	24
Figura 4 – Estrutura conceitual para aplicação de treinamento intervalado em contexto de desempenho e saúde	27
Figura 5 – Representação simplificada de amostras de protocolos HIIT e SIT.....	27
Figura 6 – Efeitos do exercício agudo sobre a captação de glicose e sinalização insulínica.....	36
Figura 7 – Esquema de sinalização envolvendo a translocação do GLUT 4 induzido pela contração muscular.....	37
Figura 8 – Representação esquemática dos passos iniciais de sinalização insulínica e dos principais mecanismos responsáveis pela resistência insulínica.....	38
Figura 9 – Fluxograma de participação.....	42
Figura 10 – Delineamento experimental.....	43
Figura 11 – Protocolos de exercício.....	46
Figura 12 – Comportamento do VO ₂ durante protocolos experimentais.....	56
Figura 13 – Frequência cardíaca durante protocolos experimentais.....	58
Figura 14 – Comportamento da pressão arterial durante os protocolos experimentais.....	60
Figura 15 – Delta Pressão Arterial após os protocolos 1xHIIE e 3xHIIE	61
Figura 16 – Percepção subjetiva de esforço – PSE em resposta aos protocolos 1xHIIE e 3xHIIE.....	62
Figura 17 – Lactato sanguíneo pré e pós aos protocolos 1xHIIE e 3xHIIE.....	63
Figura 18 – Escala de prazer do exercício.....	63
Figura 19 – Resposta para glicose e insulina no Teste Oral de Tolerância à Glicose (TOTG).....	70
Figura 20 – Área sob a curva de glicose e insulina A – B; índices de sensibilidade à insulina (ISi), C – I.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos participantes – Estudo I.....	54
Tabela 2 – Quantidade de sono e marcadores de qualidade do sono.....	55
Tabela 3 – VO ₂ consumo de oxigênio durante os protocolos 1xHIIE e 3xHIIE.....	57
Tabela 4 – Características dos participantes – Estudo II.....	69
Tabela 5 –Resumo dos principais resultados.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1xHIIE – Exercício intervalado de alta intensidade sessão única

3xHIIE – Exercício intervalado de alta intensidade em três sessões

AHA – Associação Americana do Coração

AIT - Treinamento intervalado aeróbico

Akt – Proteína quinase B

AMO – Atlas Mundial da Obesidade

AMPK – Proteína quinase ativada por adenosina monofosfato

AUC – Área sob a curva

BMI – Índice de massa corporal

CaMK – Cálcio/calmodulina dependente de proteína quinase

DC – Débito cardíaco

DCNT – Doenças crônicas não transmissíveis

DCV – Doenças cardiovasculares

DE – Dispêndio energético

DEXA – Absorciometria radiológica de dupla energia

DP – Duplo produto

EHC – *Clamp* euglicêmico

EPOC – Consumo de oxigênio pós exercício

ERK1/2 – Proteína quinase regulada por sinal extracelular 1 e 2

FC – Frequência cardíaca

GLUT4 – Transportador de Glicose 4

HDL – Lipoproteína de alta densidade

HIIE – Exercício intervalado de alta intensidade

HIIT – Treino intervalado de alta intensidade

HPE – Efeito hipotensor pós exercício

HSP72 – Proteína de choque térmico 72

IDF – Federação Internacional de Diabetes

IL-10 – Interleucina 10

IL-6 – Interleucina 6

IMC – Índice de massa corporal

IRS – Substrato receptor de insulina

ISi – Índice de sensibilidade à insulina

LDL – Lipoproteína de baixa densidade

MET – Equivalente metabólico

MICT – Treinamento contínuo de moderada intensidade

mISI – Índice de sensibilidade à insulina muscular

MS – Ministério da Saúde

MSI – Média sérica de insulina

NHANES – Pesquisa Nacional de Exame de Saúde e Nutrição

NO – Óxido nítrico

NTS – núcleo do trato solitário

O₂⁻ - Ânion superóxido

OMS – Organização Mundial da Saúde

P38 – Proteína quinase ativada por mitógeno P38

PAD – Pressão arterial diastólica

PAM – Pressão arterial média

PAS – Pressão arterial sistólica

PC – Peso corporal

PI3K – Fosfoinositida 3-quinase

PPO – Pico de potência

PSE – Percepção subjetiva de esforço

ReBEC – Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos

ROS – Espécie reativa de oxigênio

RVP – Resistência vascular periférica

SI – Sensibilidade à insulina

SIT – Treino intervalado de *Sprint*

VO₂ – Consumo de oxigênio

VO_{2max} – Consumo de oxigênio máximo

VS – Volume sistólico

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	REVISÃO	20
2.1	Meia-idade e Doenças Cardiometabólicas (Obesidade, Diabetes e Hipertensão)	20
2.2	Treino Intervalado de Alta Intensidade (HIIT).....	25
2.3	Exercício Acumulado.....	30
2.4	Efeito agudo do exercício na prevenção das doenças cardiometabólicas (Obesidade, Diabetes e Hipertensão).....	33
3.	OBJETIVOS.....	41
3.1	Objetivo geral.....	41
3.2	Objetivos específicos.....	41
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1	Considerações Éticas.....	41
4.2	Participantes.....	41
4.3	Desenho experimental.....	43
4.4	Avaliações de base.....	43
4.5	Sessões experimentais.....	44
4.6	Medições fisiológicas e perceptivas.....	46
4.7	Teste Oral de Tolerância à Glicose (TOTG) e Índices de sensibilidade à insulina (ISi).....	47
4.8	Análise estatística.....	49
5.	ESTUDO I.....	51
5.1	Resumo.....	51
5.2	Introdução.....	52
5.3	Resultados.....	54
5.4	Discussão.....	64

6	ESTUDO II.....	67
6.1	Resumo.....	67
6.2	Introdução.....	68
6.3	Resultados.....	69
6.4	Discussão.....	71
7.	RESUMO RESULTADOS.....	75
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
	ANEXOS.....	92
	Anexo A - QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA.....	92
	Anexo B - REGISTRO ALIMENTAR DE TRÊS DIAS	93
	Anexo C - ESCALA DE PRAZER DO EXERCÍCIO (Stanley et al., 2009) adaptado...	94
	APÊNDICES.....	95
	Apêndice A - QUESTIONÁRIO PRÉ-PARTICIPAÇÃO (ACSM, 2019) adaptado.....	95
	Apêndice B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	96

1. INTRODUÇÃO

A meia-idade é marcada pelo aumento na incidência de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), especialmente a obesidade, as doenças cardiovasculares e metabólicas (Sofiani *et al.*, 2019, OMS, 2020). Por outro lado, a prática regular de exercícios físicos durante a meia-idade tem papel fundamental para prevenir o surgimento destas doenças (Lavie *et al.*, 2019, Lin *et al.*, 2019). As adaptações crônicas ao exercício que reduz o risco de desenvolvimento das doenças dependem do tipo, frequência, intensidade e duração do exercício (Garber *et al.*, 2011). Neste contexto, cada sessão de exercício físico deve ser planejada com o objetivo de se obter (a longo prazo) as adaptações mais favoráveis possíveis que previnam o surgimento de uma ou mais doenças.

O aumento do dispêndio energético de uma sessão de exercício, por exemplo, é um objetivo crucial para programas que auxiliam na prevenção do surgimento do sobrepeso e da obesidade (Edholm *et al.*, 2021). Exercícios que promovam respostas cardiovasculares menos acentuadas são objetivos importantes para a segurança de pessoas acometidas por condições especiais, como as doenças cardiovasculares (Hansen *et al.*, 2018). Ademais, exercícios que promovem maior efeito hipotensor pós exercício (HPE) são uma importante ferramenta não farmacológica na prevenção da hipertensão arterial (Pescatelo *et al.*, 2015). Da mesma forma, exercícios que promovam uma maior captação periférica de glicose podem ser fundamentais na prevenção e tratamento do diabetes (Colberg *et al.*, 2016). Por fim, exercícios que geram mais prazer são fundamentais para aumentar a aderência e permanência das pessoas em um programa regular de exercícios físicos (Martinez *et al.*, 2015).

Estudos recentes do nosso grupo de pesquisa investigaram e compararam em animais de laboratório os efeitos do treinamento com exercício físico acumulado *versus* tradicional realizado em uma única sessão diária sobre diferentes parâmetros cardiometabólicos (Costa-Pereira *et al.*, 2017, De Souza, 2022, Mendes *et al.*, 2022). Costa-Pereira *et al.*, (2017) utilizaram e compararam as respostas cardiometabólicas de um protocolo de treinamento de 8 semanas, 5x por semana, em piscina com exercício contínuo de moderada intensidade realizado em sessão única (1 sessão diária de 30 a 60 minutos a 60-70% da capacidade máxima) *versus* acumulada (3 sessões diárias de 10 a 20 minutos a 60-70% da capacidade máxima). De Souza, (2022) e Mendes *et al.*, (2022) utilizaram e compararam as respostas cardiometabólicas de um protocolo de treinamento de 8 semanas, 5x por semana, em esteira com exercício intervalado de alta intensidade realizado em sessão única (1 sessão diária de 15 minutos a 85-100% do VO_{2max}) *versus* acumulada (3 sessões diárias de 5 minutos a 85-100% do VO_{2max}). Em resumo,

os protocolos de exercício acumulado utilizados nestes estudos eram idênticos, exceto que, no protocolo de exercício acumulado, os animais realizavam a sessão de exercício em 3 blocos mais curtos separados por um período de 4 horas. Apesar disso, mostraram efeitos diferenciais entre o exercício acumulado e sessão única sobre diversos parâmetros cardiovasculares.

O estudo de Costa-Pereira *et al.*, (2017) mostrou que apesar de ambos os protocolos (exercício acumulado e sessão única) não alterarem o colesterol sérico total e melhorarem de forma semelhante a tolerância à glicose, o exercício sessão única foi superior ao exercício acumulado em aumentar o colesterol HDL, reduzir o colesterol LDL e triglicérides e reduzir a pressão arterial (PA). Por outro lado, o exercício acumulado foi superior ao exercício sessão única em reduzir o peso da gordura visceral e tamanho dos adipócitos viscerais.

Já os estudos de De Souza, (2022) e Mendes *et al.*, (2022) mostraram que ambos os protocolos aumentaram de forma similar a capacidade aeróbia máxima, a taxa metabólica de repouso, a tolerância à glicose, e reduziram a glicose de jejum e pressão arterial. Também foi constatado que ambos os protocolos induziram similares aumentos da densidade de mitocôndrias normais (saudáveis) e diminuição da densidade de mitocôndrias não normais (defeituosas) tanto no músculo esquelético como cardíaco. Porém, o exercício acumulado foi superior ao exercício sessão única em melhorar a tolerância à insulina e, assim como nos estudos de Costa Pereira *et al.*, (2017), reduzir o peso da gordura visceral e tamanho dos adipócitos viscerais.

Em humanos, poucos estudos comparam, até o momento, os efeitos do exercício acumulado *versus* sessão única sobre fatores de risco para doenças cardiometabólicas. Francois *et al.*, (2014), demonstraram que o exercício de alta intensidade realizado de forma acumulada (o qual ele denomina “*Exercise Snacks*”) foi eficaz para melhorar o controle glicêmico em indivíduos com resistência à insulina. Estudos recentes mostraram que o treinamento físico com sessões do tipo “*Exercise Snacks*” foi tão eficiente quanto o treinamento físico com sessões únicas diárias de exercícios (mesmo volume total e intensidade do “*Exercise Snacks*” porém realizado em uma única sessão diária) em aumentar a capacidade aeróbia máxima em homens adultos jovens sedentários (Little *et al.*, 2019).

Tendo em vista que as dificuldades de gerenciamento do tempo são identificadas como uma das maiores barreiras para indivíduos de meia-idade se envolverem em programas regulares de exercícios (Spiteri *et al.*, 2019), o exercício intervalado de alta intensidade realizado de forma acumulada (“*Exercise Snacks*”) pode ser uma modalidade tempo-eficiente interessante e alternativa para indivíduos de meia-idade, especialmente para aumentar o dispêndio energético diário e reduzir os fatores de risco de doenças cardiometabólicas.

Entretanto, não há estudos, até o momento, que avaliaram e compararam o dispêndio energético, respostas cardiometabólicas, prazer pelo exercício físico e sensibilidade insulínica (SI) entre o exercício de alta intensidade realizado em uma única sessão (exercício tradicional) *versus* acumulada. Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar o dispêndio energético, respostas cardiometabólicas, prazer e sensibilidade insulínica em indivíduos de meia-idade entre um exercício intervalado de alta intensidade realizado em uma única sessão (1xHIIE) *versus* três sessões mais curtas ao longo de um dia (3xHIIE) em indivíduos de meia-idade.

2. REVISÃO

2.1 Meia-idade e Doenças Cardiometabólicas (Obesidade, Diabetes e Hipertensão).

O rápido crescimento do número de pessoas que estão atingindo idades mais avançadas ressalta a importância de promover a saúde, prevenir e tratar doenças ao longo de todo o curso da vida (OMS, 2023). A meia-idade é definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como o período compreendido entre os 45 e 65 anos em países desenvolvidos, e entre os 45 e 60 anos em países em desenvolvimento (MS, 2023). Este estágio da vida é caracterizado pelo aumento na incidência de DCNT, especialmente a obesidade e as doenças cardiometabólicas (Sofiani *et al.*, 2019; OMS, 2020). Durante essa fase, é comum ocorrer um ganho substancial de peso devido a vários fatores, incluindo o declínio na taxa metabólica basal, a perda gradual de massa magra e o aumento do comportamento sedentário (Hamilton *et al.*, 2007).

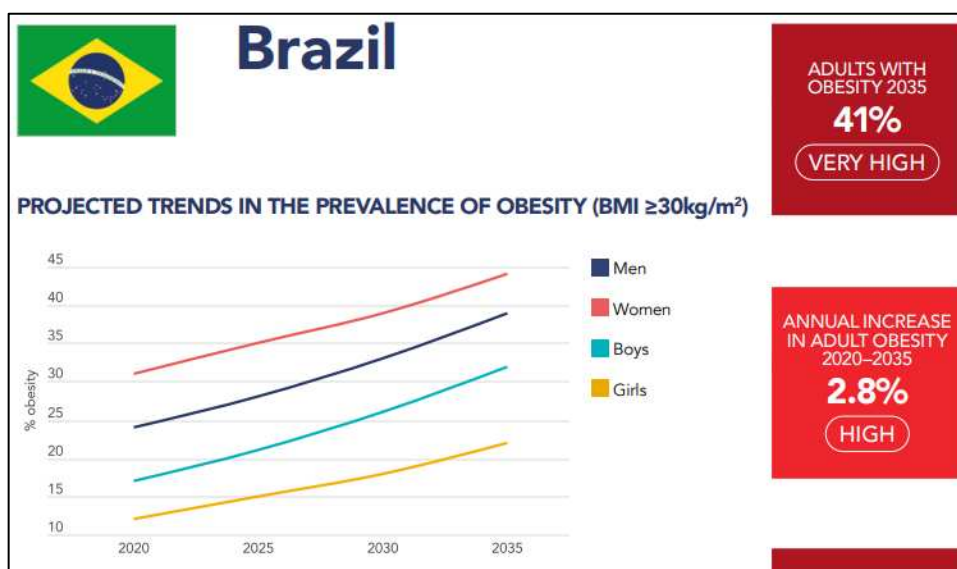
A saúde cardiometabólica engloba o sistema cardiovascular, incluindo o coração, o sangue e os vasos sanguíneos, e é um termo que se refere a uma combinação de diversos fatores de risco (Shmerling *et al.*, 2022). Em um estudo que visava avaliar as tendências e disparidades na saúde cardiometabólica entre adultos nos EUA de 1999 a 2018, foram utilizados o índice de massa corporal (IMC), os níveis de glicemia sanguínea, os níveis ideais de colesterol, a pressão arterial normal e a ausência de evidência de doença cardiovascular para avaliar a saúde cardiometabólica (O'Hearn *et al.*, 2022). Este estudo demonstrou que, em 2018, apenas 6,8% da população dos EUA apresentava uma saúde cardiometabólica ideal, índices menores em comparação com 7,7% em 2000 e 8,4% em 2004. Ademais, o excesso de peso e os níveis elevados de glicemia foram as principais causas desse aumento. Além disso, complementando a diminuição da taxa de saúde metabólica, o estudo de Freiberg *et al.*, em 2022, apresentou evidências de que a pandemia da COVID-19 resultou na redução dos níveis de atividade física e no aumento de hábitos não saudáveis durante os períodos de *lockdown* pandêmico, uma informação que reflete um panorama mundial.

Nesse contexto, o relatório " *Global Status on Physical Activity 2022*" (OMS), que compila dados de 194 países, alerta que entre 2020 e 2030, aproximadamente 500 milhões de pessoas desenvolverão doenças cardíacas, obesidade, diabetes ou outras doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Além disso, segundo a OMS em " *Noncommunicable Diseases*" (2022), mais de 70% das mortes no mundo são causadas por DCNT. Em relação aos níveis globais de excesso de peso e obesidade ($IMC \geq 25\text{kg/m}^2$), também conhecidos como IMC elevado, as estimativas sugerem que mais de 4 bilhões de pessoas poderão ser afetadas até 2035, em

comparação com mais de 2,6 bilhões em 2020. Isso representa um aumento de 38% da população mundial em 2020 para mais de 50% em 2035 (os números excluem crianças menores de 5 anos). Prevê-se ainda que a prevalência da obesidade ($\text{IMC} \geq 30\text{kg/m}^2$) por si só aumente de 14% para 24% da população durante o mesmo período, afetando quase 2 bilhões de adultos, crianças e adolescentes até 2035 (OMS, 2023).

Reconhecida como um grave problema de saúde, a obesidade está associada a múltiplas comorbidades, especialmente distúrbios cardiometabólicos (Valenzuela *et al.*, 2023). Na meia-idade, a obesidade representa um fator de risco para diversas doenças relacionadas ao envelhecimento e pode reduzir a expectativa de vida em cerca de 7 anos (Mizuno *et al.*, 2004). Nas Américas, estima-se que a prevalência da obesidade afetará quase metade de todos os adultos (47% a 49%) até 2035. No Brasil, conforme dados do Atlas Mundial da Obesidade (AMO) 2023, a previsão é que 41% dos brasileiros sejam afetados pela obesidade, com um aumento de 2,8% nos custos relacionados ao tratamento da obesidade até 2035 (Figura 1).

Figura 1 - Estimativa de prevalência de obesidade no Brasil



Fonte: AMO, 2023

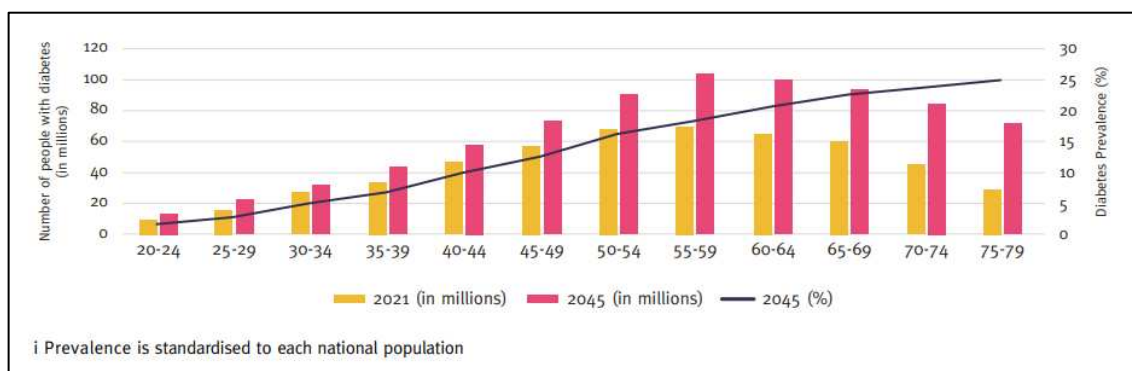
De acordo com Dai *et al.*, (2021), à medida que a prevalência da obesidade aumentou, também cresceu a carga de doenças associadas à obesidade. O excesso de peso corporal foi responsável por mais de 4 milhões de mortes em todo o mundo entre 1980 e 2015, sendo a maioria dessas mortes atribuída a doenças cardiovasculares (DCV) de acordo com a *Obesity Collaborators*, (2017). Além disso, o risco de morte por todas as causas aumenta cerca de 30% para cada incremento de 5 kg/m^2 no IMC acima de 25 kg/m^2 (*Global BMI Mortality Collaboration*, 2016; *Obesity Collaborators*, 2017). Evidências de análises observacionais e de

randomização em 30 milhões de participantes também sugerem uma associação entre obesidade e um maior risco de DCV e mortalidade específica por essas doenças (Kim *et al.*, 2021). Da mesma forma, um estudo de coorte envolvendo homens e mulheres concluiu que fatores como colesterol elevado, pressão arterial elevada ou diabetes explicavam 66% da associação entre obesidade e DCV (Bakhtiyari *et al.*, 2022).

O diabetes é uma DCNT comum que representa uma séria ameaça à saúde humana, tornando-se um problema de saúde de proporções alarmantes. A Federação Internacional de Diabetes (IDF) recomenda o diagnóstico de "pré-diabetes" quando a glicemia de jejum está entre 100 e 125 mg/dL e o diagnóstico de diabetes quando os valores são iguais ou superiores a 126 mg/dL ou a HbA1c é maior que 6,5% (IDF, 2019). Nas conclusões da 10ª edição do Atlas IDF 2021, foi confirmado que o diabetes é uma das emergências de saúde globais de crescimento mais rápido no século XXI. Em 2021, estimou-se que 537 milhões de pessoas tinham diabetes, e esse número deverá chegar a 643 milhões até 2030 e a 783 milhões até 2045. Além disso, estimou-se que 541 milhões de pessoas tinham tolerância diminuída à glicose em 2021. Também foi estimado que mais de 6,7 milhões de pessoas, com idades entre 20 e 79 anos, morreram de causas relacionadas ao diabetes em 2021.

Observando os dados apresentados pela IDF 2021, a estimativa de incidência de diabetes para a faixa etária de 45 a 65 anos é a mais alta entre todas as faixas etárias, com uma média de aproximadamente 60 milhões de pessoas a cada 5 anos, entre 45 e 65 anos (Figura 2). Em relação aos dados das Américas Central e do Sul, o Brasil ocupa o primeiro lugar no top 5 dos países por número de pessoas com diabetes entre 20 e 79 anos, com 15,7 milhões de pessoas afetadas (IDF, 2021).

Figura 2. Número de pessoas (20-79 anos) com diabetes por idade em 2021 (colunas) e estimativa de prevalência em 2045 (linha preta).



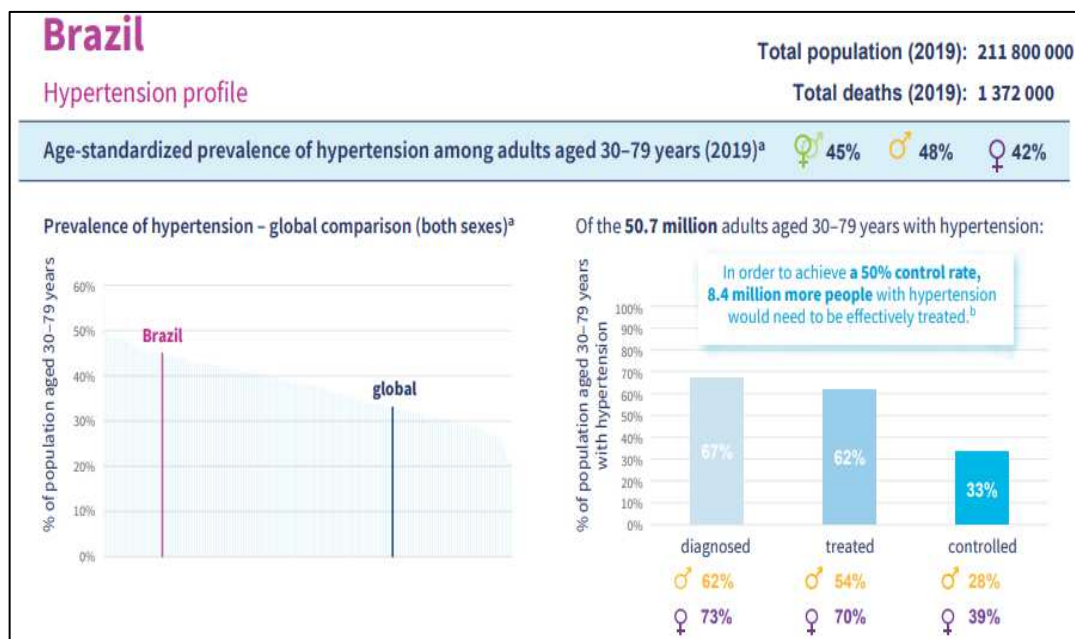
Fonte: IDF 2021.

Estudos como o realizado pela Pesquisa Nacional de Exame de Saúde e Nutrição (NHANES) nos EUA, investigando a associação entre mudanças de peso autorrelatadas da idade adulta jovem para a meia-idade e o diabetes incidente, revelaram entre os principais resultados que, se aquelas pessoas com obesidade tivessem se tornado não obesas durante o período de 10 anos, a estimativa era de que 9,1% dos casos de diabetes observados poderiam ter sido evitados. Além disso, aqueles que tinham obesidade e perderam peso exibiram um risco significativamente menor de diabetes em comparação com aqueles com obesidade estável (Stokes *et al.*, 2018).

Outro estudo realizado com 12458 adultos na China estimou a prevalência de diabetes e pré-diabetes, verificando que a prevalência dessas condições era de 13,21% e 25,16%, respectivamente. Além disso, a prevalência de diabetes aumentou com a idade avançada (12,37%, 15,98% e 16,52% entre as pessoas de 45 a 55, 55 a 65 e ≥ 65 anos, respectivamente). Os resultados indicaram que o diabetes é altamente prevalente em adultos com 45 anos ou mais na China (Bai *et al.*, 2021).

Em relação à hipertensão arterial sistêmica, o relatório global da hipertensão da OMS, em 2023, informa que o número de pessoas que vivem com hipertensão (pressão arterial de 140/90 mmHg ou mais, ou que fazem uso de medicamentos para hipertensão) dobrou entre 1990 e 2019, passando de 650 milhões para 1,3 bilhão, afetando um em cada três adultos em todo o mundo. Estima-se que a prevalência de hipertensão seja ligeiramente maior entre os homens (34%) do que entre as mulheres (32%). No Brasil, aproximadamente 50 milhões de adultos entre 30 e 79 anos são hipertensos, sendo 48% deles homens (Figura 3).

Figura 3. Prevalência da hipertensão arterial sistêmica entre adultos de 30–79 anos.



Fonte: OMS, 2023. Adaptado.

Estudos como o de Osthega *et al.*, (2020), fornecendo estimativas da prevalência de hipertensão nos EUA de 2017 a 2018, mostraram que a mesma aumenta com a idade: 22,4% entre os 18 e 39 anos, 54,5% entre os 40 e 59 anos, e 74,5% para aqueles com 60 anos ou mais.

Em outro trabalho que avaliou 2930 adultos negros e brancos americanos, com 45 anos ou mais, e que foram reavaliados após 10 anos, utilizando uma medida da saúde cardiovascular geral de uma pessoa, através de uma escala elaborada pela Associação Americana do Coração (AHA), demonstrou-se que adultos de meia-idade que não tinham pressão alta e tinham fatores positivos de saúde, conforme identificado pela escala, eram menos propensos a desenvolver pressão alta anos mais tarde (Plante *et al.*, 2020). Esses estudos destacam a relação da hipertensão com o avançar da idade, principalmente ao adentrar na faixa etária da meia-idade, e a importância do exercício físico na prevenção de seu surgimento.

Diante dos dados e estudos expostos, observamos que o sobrepeso e a obesidade alcançaram proporções pandêmicas. Além disso, essas condições são importantes desencadeadores de outras complicações e condições de saúde comuns na meia-idade, contribuindo para uma grande proporção de pessoas afetadas por doenças cardiometabólicas. Conforme mencionado por Valenzuela *et al.*, (2023), a associação entre obesidade e eventos cardiovasculares pode ser mediada, pelo menos em parte, pela presença de comorbidades frequentemente associadas ao sobrepeso e à obesidade, como dislipidemia, hipertensão ou

diabetes. Portanto, a busca por um peso corporal ideal é essencial para minimizar os riscos cardiometabólicos (Valenzuela *et al.*, 2023).

Além disso, é importante destacar que um elevado consumo máximo de oxigênio na meia-idade é um forte indicador de longevidade, e um alto nível de aptidão cardiorrespiratória na meia-idade está associado a uma média de 4,9 anos adicionais de vida (Pedersen, 2019).

2.2 Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT)

O treinamento intervalado pode ser entendido como um conceito simples que envolve repetidas sessões de trabalho relativamente intenso, intercaladas com períodos de recuperação mais fáceis, como mencionado por Coates *et al.*, (2023). No entanto, os autores mencionam que apesar de sua ampla utilização, a falta de terminologia padronizada continua sendo uma questão importante que afeta a interpretação e a sua aplicação. Especificamente, a classificação da intensidade carece de uma definição comum, especialmente no que diz respeito ao termo HIIT.

De acordo com essa recente revisão (Coates *et al.*, em 2023), o HIIT pode ser analisado sob duas perspectivas: desempenho e saúde. No contexto do desempenho, o HIIT é caracterizado por séries intermitentes realizadas acima do limiar de intensidade pesada, identificado principalmente pela potência crítica, velocidade crítica ou segundo limiar de lactato. Essa caracterização do HIIT está associada principalmente ao domínio da intensidade severa. Por outro lado, no contexto da saúde, o HIIT é definido por estágios intermitentes realizados acima de intensidade moderada, com base em indicadores relacionados à percepção de esforço, consumo de oxigênio (VO_2) ou frequência cardíaca (FC), conforme definido em diretrizes de saúde pública e prescrição de exercícios. Além disso, há uma variante particularmente intensa do HIIT, comumente conhecida como "treinamento intervalado de *sprint*" (SIT), que consiste em repetidas séries realizadas com esforço quase máximo ou máximo total.

No entanto, para se chegar a essa classificação mais atual e aceitável, o HIIT percorreu um caminho dentro de uma perspectiva histórica. Foi indicado pioneiramente pelo técnico finlandês de atletismo Lauri Pikhala no início do século XX, quando aplicou o treinamento em corredores europeus que obtiveram grandes êxitos em provas olímpicas (Tschakert e Hofmann, 2013). Contudo, o mais reconhecido praticante desse método foi o corredor tcheco Emil Zatopek, conhecido como a “locomotiva humana”, nos anos 1950 (Meyer

et al., 2013). A partir desses trabalhos, os atletas de resistência de elite há muito tempo já utilizam o HIIT como parte de um programa de treinamento (Gibala e McGee, 2008)

Mais tarde, no final do século XX, Meyer *et al.*, (1996), conduziram um estudo pioneiro com pacientes com insuficiência cardíaca, considerando o treinamento intervalado adequado e recomendável para tais indivíduos. No mesmo ano, Tabata *et al.*, (1996), publicaram um estudo clássico cujo objetivo era comparar os efeitos de dois programas de treinamento de seis semanas: um com intensidade moderada (70% do VO_{2max}) e outro intermitente de alta intensidade (170% do VO_{2max}).

Dentro dessa perspectiva da saúde, houve um aumento significativo nas últimas duas décadas da pesquisa sobre as bases fisiológicas do treinamento intervalado para melhorar a saúde, incluindo as chamadas abordagens de "baixo volume e alta intensidade", que não exigem um comprometimento substancial de tempo (Gibala *et al.*, 2012; Gripp *et al.*, 2021; Sabag *et al.*, 2022). Tal perspectiva tem despertado um interesse considerável no tema, como evidenciado por pesquisas em todo o mundo (Thompson, 2022; Kercher *et al.*, 2023).

Esta maior complexidade e o aumento do número de estudos sobre o método intervalado produziram uma grande variedade de protocolos de treinos estabelecidos pelos pesquisadores e, conseqüentemente, uma falta de padronização ou inconsistências em sua terminologia. Weston *et al.* (2014) e Tschakert e Hofmann (2013) mencionam diferentes termos que se sobrepõem para se referir ao treinamento intervalado: "*aerobic interval training*" (AIT); *Sprint interval training* (SIT); *high-intensity interval training* (HIIT); *high-intensity intermittent exercise* (HIIE); *low volume high-intensity interval training*.

Nesse contexto, entendemos que a classificação mais atual de Coates *et al.*, (2023), é a mais aceita e a melhor para entender e definir os parâmetros do HIIT. Os autores apresentam um esquema de classificação de dois domínios que facilita o entendimento para o trabalho com o HIIT. Eles levam em consideração o termo desempenho, usado principalmente no contexto do treinamento físico para competição atlética, e o termo saúde, utilizado no contexto do exercício habitual destinado a manter ou melhorar a capacidade física e reduzir o risco de doenças (Figura 4).

Figura 4. Estrutura conceitual para aplicação do treinamento intervalado em contextos de desempenho e saúde

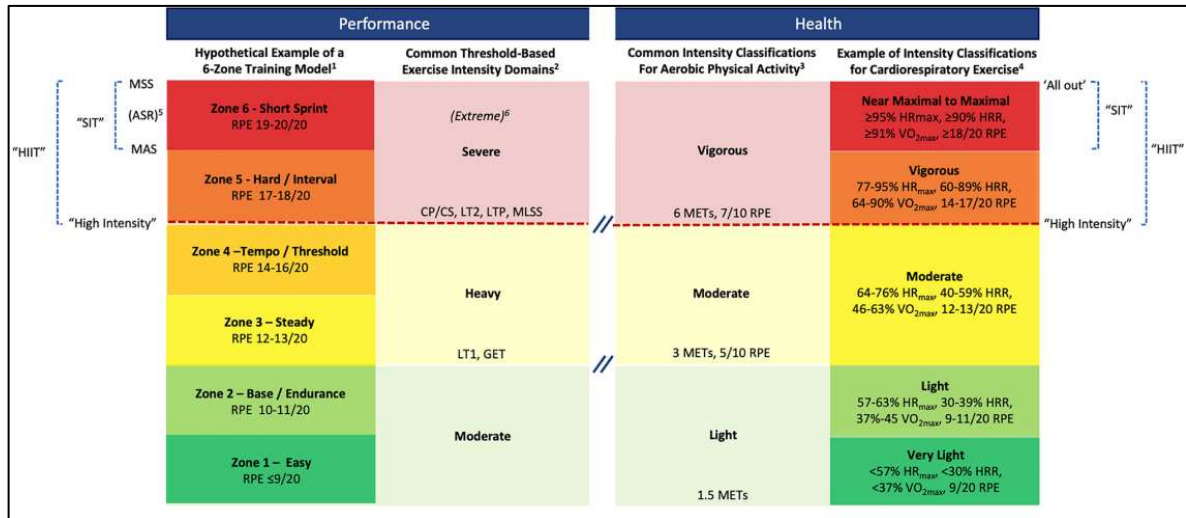


Figura 4. Estrutura conceitual para aplicação do treinamento intervalado em contextos de desempenho e saúde. Reserva de velocidade anaeróbia ASR, potência crítica/velocidade crítica CP/CS, limiar de troca gasosa GET, treinamento intervalado de alta intensidade HIIT, frequência cardíaca máxima FC_{max}, reserva da frequência cardíaca FCR, limiar de lactato LT1, segundo limiar de lactato LT2, velocidade aeróbia máxima MAS, equivalente metabólico MET da tarefa, estado estável máximo de lactato de MLSS, velocidade máxima de sprint MSS, percepção subjetiva de esforço (PSE) (de 10 ou 20, dependendo da escala), Treinamento intervalado de sprint SIT, consumo máximo de oxigênio $\dot{V}O_{2max}$. Fonte: Coates *et al.*, 2023.

Outro esquema apresentado por Coates *et al.*, (2023) e que sustenta o HIIT na perspectiva da saúde é a caracterização que engloba principalmente a classificação da intensidade vigorosa, demarcada por indicadores ligados à PSE, $\dot{V}O_2$ ou FC, conforme definido em diretrizes autorizadas de saúde pública e prescrição de exercícios (Garber *et al.*, 2011; Bull *et al.*, 2020; ACSM's 2022). O esquema mais simplificado é apresentado na Figura 5.

Figura 5. Representação simplificada de amostras de protocolos HIIT e (SIT)

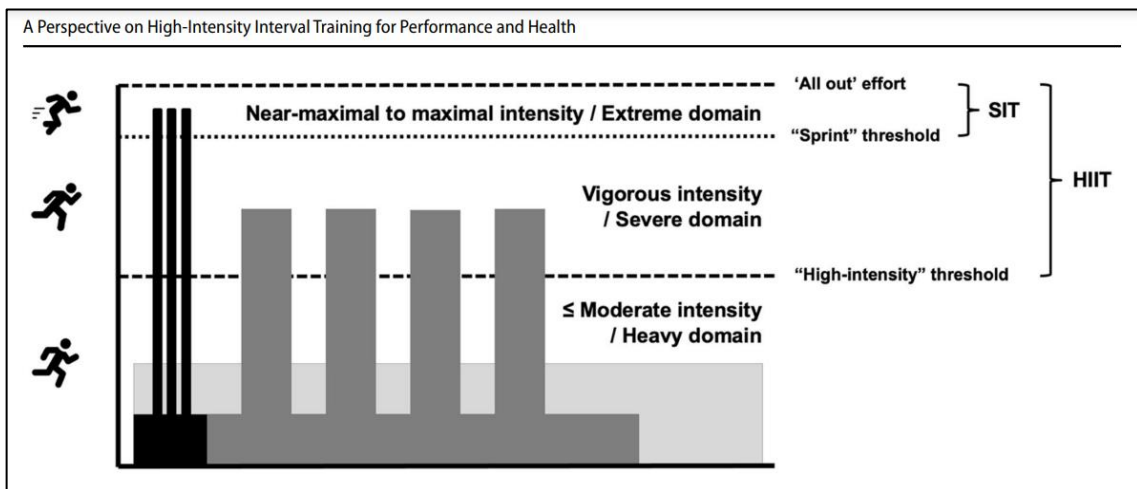


Figura 5. Representação simplificada de amostras de protocolos HIIT e SIT com referência a limiares demarcados em modelos de treinamento baseados em domínios comuns e classificações de atividade física e intensidade de exercício. Fonte Coates *et al.*, 2023.

Além da classificação e caracterização do HIIT, um ponto a se considerar é que ele pode apresentar uma manipulação de até nove variáveis, que incluem: a intensidade e a duração do intervalo de trabalho; a intensidade e a duração do intervalo de recuperação; a modalidade de exercício; o número de repetições; o número de séries; bem como a duração e a intensidade da recuperação entre séries. A manipulação de qualquer uma dessas variáveis pode afetar as respostas fisiológicas agudas ao HIIT (Buchheit e Laursen 2013).

Dentro da ênfase da pesquisa do HIIT para a saúde está a capacidade cardiorrespiratória determinada por um teste de $\dot{V}O_{2max}$, a variável mais medida nos estudos HIIT, levando em consideração a importância da função cardiorrespiratória em termos de risco de mortalidade e morbidade (Ross *et al.*, 2016; Ross e Myers, 2023). Uma metanálise recente, baseada em 37 estudos com medidas objetivas da capacidade cardiorrespiratória em mais de 2 milhões de adultos, constatou que o risco relativo de mortalidade por todas as causas foi reduzido em 11% para cada aumento de 1 equivalente metabólico (MET) na capacidade cardiorrespiratória, independentemente da idade, sexo e duração do seguimento (Laukkanen *et al.*, 2022). Nesse ponto de vista da saúde, e dada a forte relação inversa entre a capacidade cardiorrespiratória e a morbidade e mortalidade, as pesquisas com HIIT são necessárias para identificar estratégias deste modelo em diferentes populações (Coates *et al.*, 2023). Este trabalho está de acordo com essa perspectiva, visto que identifica a importância de considerar os efeitos agudos de uma sessão de treinamento, não só para a capacidade cardiorrespiratória, mas também para determinadas variáveis relacionadas à obesidade, diabetes e hipertensão, enfatizadas neste estudo.

Revisões sistemáticas, metanálises e estudos práticos concluíram que o HIIT pode provocar aumentos na capacidade cardiorrespiratória comparáveis ao MICT, apesar de um menor volume total de exercício (Poon *et al.*, 2021; Gripp *et al.*, 2021;), e um aumento na capacidade cardiorrespiratória maior após HIIT em comparação com MICT quando o volume de exercício é pareado (Poon *et al.*, 2021; Milanović *et al.*, 2015). Com relação à base fisiológica da responsividade, há boas evidências de que intervenções que requerem um tempo total de comprometimento de até 15 minutos, incluindo aquecimento e resfriamento, e realizadas pelo menos três vezes por semana durante 6 semanas, aumentam o $\dot{V}O_{2max}$ em cerca de 1 MET (Gibala e MacInnis, 2022). Outras aplicações práticas e relativamente eficientes em termos de tempo do método que demonstraram aumentar o $\dot{V}O_{2max}$ incluem atividades como breve subida vigorosa de escada (Allison *et al.*, 2017), exercício estilo peso corporal que incorpora exercícios aeróbicos e resistidos (treinamento funcional de alta intensidade) (Fealy *et al.*, 2016; Scott *et al.*, 2019) e “*Exercise Snacks*” nos quais sessões muito curtas (até 1 minuto)

de atividade de intensidade vigorosa são realizadas periodicamente ao longo do dia (Islam *et al.*, 2022).

Além da capacidade cardiorespiratória mencionada, e mesmo considerando que o foco deste trabalho está em pessoas aparentemente saudáveis, outros estudos, revisões sistemáticas e metanálises demonstram resultados interessantes em indivíduos com DCV (Weston *et al.*, 2014), hipertensão (Costa *et al.*, 2018; Leal *et al.*, 2020), diabetes tipo 2 (Jelleyman *et al.*, 2015; Loh *et al.*, 2020; De Mello *et al.*, 2022), obesidade e composição corporal (Keating *et al.*, 2017; Andreato *et al.*, 2019; Sultana *et al.*, 2019), mostrando efeitos benéficos em relação a essas doenças, principalmente considerando a estratégia do HIIT como tempo-eficiente para uma redução significativa no risco para a saúde (Batacan *et al.*, 2017; Gibala e Hawley, 2017).

Outro ponto a ser considerado neste trabalho é a relação entre a magnitude do EPOC e a intensidade do exercício. Nesse sentido, protocolos do HIIT e SIT foram discutidos na revisão de Moniz *et al.*, (2020). A revisão se concentra no impacto do HIIT e do SIT sobre o EPOC. A pesquisa sugere pequenas diferenças no EPOC pós-HIIT em comparação com o MICT no período de recuperação imediata (<1 hora), mas maiores valores de EPOC pós-HIIT quando examinados ao longo de 24 horas. Por outro lado, as diferenças no EPOC pós-SIT são mais pronunciadas, pois o SIT tende a produzir um EPOC maior *versus* o MICT em todos os momentos (Moniz *et al.*, 2020).

Nesse contexto, envolvendo adultos de meia-idade, público do trabalho em questão, um estudo recente (McCarthy *et al.*, 2023) avaliou o efeito da intensidade do exercício sobre o metabolismo pós-exercício seguindo protocolos de exercício submáximo, próximo do máximo e supramáximo. Eles trabalharam com 12 participantes (8 mulheres; idade: 44 ± 10 anos) e tiveram o $\dot{V}O_2$ medido após 4 sessões experimentais: (1) CTRL; (2) MICT (30 min a 65% do $\dot{V}O_{2max}$); (3) HIIT (10×1 min a 90% da FC máxima com 1 min de repouso); e (4) SIT modificado (8 x15 segundos de esforço "*all-out*" com 2 min de descanso). Concluíram que a intensidade do exercício tem um efeito importante sobre o metabolismo pós-exercício em adultos de meia-idade (McCarthy *et al.*, 2023).

Há também questionamentos sobre o HIIT ser uma opção viável para melhorar a saúde, pois há críticas que o posicionam como exigindo um nível de esforço desagradável ou potencialmente inseguro para a maioria das pessoas (Ekkekakis *et al.*, 2023). No entanto, o trabalho de Hwanga *et al.*, (2019), mostra que o HIIT é bem tolerado, seguro e resultou em melhorias semelhantes na aptidão aeróbica em indivíduos de meia-idade/idosos com diabetes

tipo 2. Além disso, no estudo de Martland *et al.*, (2020), é citado que o HIIT parece ser seguro e que as taxas médias de adesão ultrapassaram 80% na maioria das revisões sistemáticas.

Embora seja importante avaliar as respostas do HIIT, no caso deste estudo HIIE em adultos de meia-idade com doenças metabólicas, também é necessária a investigação dessas respostas em indivíduos que ainda não as adquiriram (McCarthy *et al.*, 2023), visto que indivíduos dessa faixa etária são mais suscetíveis a doenças metabólicas (Hildrum *et al.*, 2007). Desta forma, uma sessão de HIIE bem objetivada e programada para indivíduos de meia-idade pode ser uma excelente estratégia tempo-eficiente na prevenção do surgimento de várias DCNTs. Em resumo, o HIIT pode ser uma alternativa tempo-eficiente e capaz de promover adaptações fisiológicas positivas e, conseqüentemente, importantes para a melhoria dos indicadores de saúde de indivíduos aparentemente saudáveis e de diversas populações com doenças específicas.

2.3 Exercício Acumulado

O treinamento com exercícios realizados de forma acumulada é caracterizado por exercícios fracionados em curtos períodos de duas ou mais sessões ao longo do dia (Hardmann, 1999; Murphy *et al.*, 2009). Múltiplas sessões curtas de atividade como meio de melhorar o condicionamento físico são citadas por Hardmann (1999) como uma ideia de que sessões esporádicas de atividade física seriam um estímulo adequado para benefícios à saúde. Essa ideia teve origem em dois estudos (Ebisu, 1985; deBusk *et al.*, 1990) que compararam os efeitos de sessões mais curtas de atividade espalhadas ao longo do dia com as sessões mais longas. Segundo Hardmann (1999), esses estudos são consistentemente mencionados como precursores dessa investigação sobre os benefícios de acumular exercícios ao longo do dia para a saúde.

No primeiro estudo, Ebisu (1985), foram comparados os regimes de treinamento de corrida sobre a aptidão cardiorrespiratória. Os sujeitos foram 53 homens jovens, distribuídos aleatoriamente em quatro grupos diferentes. Três grupos percorreram distâncias equivalentes em três dias da semana durante 10 semanas, em uma, duas ou três sessões separadas, e as respostas foram comparadas com as de um grupo controle que não treinou. Verificou-se que o VO₂ aumentou significativamente em todos os grupos de treinamento em relação aos valores iniciais. No segundo estudo, de Busk e colaboradores (1990), 36 homens sedentários de meia-idade foram avaliados após realizarem uma sessão de corrida de 30 minutos ou três sessões de 10 minutos em cinco dias da semana, durante oito semanas; a intensidade do exercício foi de 65–75% da FC máxima. Os homens foram alocados aleatoriamente nos diferentes padrões de exercício, mas sem grupo controle. Ambos os grupos mostraram reduções semelhantes na

massa corporal e na FC durante um teste padrão submáximo em esteira; no entanto, o aumento do VO_{2max} foi significativamente maior para o grupo que realizou sessão única.

A partir de 1995, as diretrizes de atividade física dos EUA começaram a recomendar que a atividade física pudesse ser acumulada em séries mais curtas ao longo do dia, totalizando a quantidade recomendada de atividade física para a saúde (Pate *et al.*, 1995). As indicações dessas diretrizes partiram de respostas agudas ao exercício que são observadas durante e nas horas seguintes a uma única sessão de exercício, como reduções na PA e melhoria no controle glicêmico, respostas agudas bem estabelecidas à atividade física (Kesaniemi *et al.*, 2001; Thompson *et al.*, 2001; Warburton *et al.*, 2006; Cardoso *et al.*, 2010). A partir disso, a ideia da interação que pode existir entre as respostas agudas e crônicas à atividade física passou a ter maior interesse das pesquisas, destacando que a repetição de sessões agudas e isoladas pode, eventualmente, produzir adaptações mais permanentes, semelhantes às observadas em estudos de treinamento físico contínuo (Kesaniemi *et al.*, 2001).

Muitas diretrizes de atividade física evoluíram para incorporar a recomendação de que a atividade física pode e deve ser alcançada em séries de pelo menos 10 minutos de duração (Washington, 2008; London, 2011). Além disso, enquadrar as diretrizes de atividade física como séries mais curtas que podem ser acumuladas ao longo do dia, em oposição a uma sessão contínua, pode representar um meio mais fácil para os indivíduos atingirem os níveis recomendados de atividade física (Murphy *et al.*, 2009).

No contexto mencionado, Murphy *et al.* (2009) realizaram uma meta-análise sobre os efeitos do exercício contínuo *versus* o exercício acumulado analisando vários parâmetros cardiometabólicos, como a aptidão cardiovascular, gordura corporal, pressão arterial e perfil lipídico. De forma geral, os resultados apresentados nesta meta-análise apontam para uma efetividade semelhante entre ambas as formas de exercícios e, em alguns trabalhos, o exercício acumulado foi superior ao contínuo na redução da gordura corporal.

A partir das considerações do estudo de Murphy (2009), o nosso grupo de pesquisa desenvolveu um trabalho em 2017 (Costa-Pereira *et al.*, 2017) que verificou os efeitos do exercício acumulado sobre fatores de risco para DCNTs em modelo animal (rato). Os animais realizaram um treinamento de natação, sendo que o grupo exercício contínuo de longa duração realizou sessões únicas diárias de 30-60 minutos, intensidade moderada 5x por semana, por 8 semanas; já o grupo exercício acumulado realizou este mesmo protocolo, porém ao invés de sessão única diária o exercício foi fracionado em 3 sessões diárias, totalizando o mesmo volume de treinamento em relação ao grupo exercício contínuo de longa duração. De forma surpreendente, observou-se que o treinamento com exercício acumulado foi mais eficiente em

promover menor ganho de massa corporal, em prevenir o acúmulo de gordura visceral e inibir a hipertrofia de adipócitos viscerais, mesmo com a ingestão alimentar similar em relação ao grupo exercício contínuo de longa duração e ao grupo sedentário. O grupo exercício contínuo de longa duração apresentou um melhor perfil de lipoproteínas plasmáticas em relação aos outros grupos. Por fim, ambos os protocolos de exercícios foram eficientes em promover melhora da função cardíaca e aumento do conteúdo de proteína de choque térmico 72 (HSP72) intracelular no músculo cardíaco (Costa Pereira *et al.*, 2017).

Em 2019, Murphy e colaboradores realizaram uma nova revisão sistemática e meta-análise para examinar as intervenções de exercício em uma única sessão de exercício comparadas com intervenções que compreendem a mesma duração total, modo e intensidade de exercício acumulados ao longo do dia, para verificar se apresentavam efeitos diferentes sobre os resultados de saúde em adultos. Eles verificaram que não havia diferença entre os padrões contínuo e acumulado de exercício em termos de efeitos sobre a capacidade física, pressão arterial, lipídios, insulina e glicose. No entanto, algumas evidências indicaram que as alterações na massa corporal e no colesterol LDL foram mais favoráveis após a condição acumulada (Murphy *et al.*, 2019).

Em continuidade aos trabalhos do nosso grupo com o exercício acumulado, realizamos mais dois estudos com modelo animal, porém com o HIIT (De Souza, *et al.*, 2022 e Mendes *et al.*, 2022). Esses trabalhos mostraram que os protocolos com HIIT aumentaram de forma similar a capacidade aeróbia máxima, a taxa metabólica de repouso, a tolerância à glicose, e reduziram a glicose de jejum e pressão arterial. Também foi constatado que ambos os protocolos induziram similares aumentos da densidade de mitocôndrias normais (saudáveis) e diminuição da densidade de mitocôndrias não normais (defeituosas) tanto no músculo esquelético como cardíaco. Porém, o exercício acumulado foi superior ao exercício sessão única em melhorar a tolerância à insulina e (assim como nos estudos de Costa Pereira *et al.*, 2017) reduzir o peso da gordura visceral e tamanho dos adipócitos viscerais.

Em humanos, poucos estudos com HIIT comparam os efeitos do exercício acumulado *versus* sessão única sobre fatores de risco para doenças cardiometabólicas. Francois *et al.*, (2014), demonstraram que o exercício de alta intensidade realizado de forma acumulada (o qual ele denomina “*Exercise Snacks*”) foi eficaz para melhorar o controle glicêmico em indivíduos com resistência à insulina. Estudos recentes mostraram que o treinamento físico com sessões do tipo “*Exercise Snacks*” foi tão eficiente quanto o treinamento físico com sessões únicas diárias de exercícios (mesmo volume total e intensidade do “*Exercise Snacks*” porém realizado em uma única sessão diária) em aumentar a capacidade aeróbia máxima em homens

adultos jovens sedentários (Little *et al.*, 2019). Nesse mesmo contexto, mais recentemente, duas revisões buscando verificar os efeitos de interromper o tempo sentado (Roland *et al.*, 2020) e a inclusão de “*Exercise Snacks*” (exercícios de alta intensidade com duração menor que 1 minuto, Islam *et al.*, 2022) ao longo do dia, sobre parâmetros de saúde, mostram efeitos benéficos do exercício acumulado.

Os resultados da meta-análise de Roland *et al.*, (2020) revelaram que a interrupção prolongada do tempo inativo (sentado) com atividade física acumulada ao longo do dia teve um efeito moderado na atenuação da glicose e da insulina pós-prandiais. Além disso, observou-se uma maior atenuação da glicemia em indivíduos com maior índice de massa corporal (IMC), e o exercício acumulado ao longo do dia foi ligeiramente mais eficaz na redução da glicemia em comparação com o exercício contínuo em uma única sessão diária. Já na revisão de Islam *et al.*, (2022), os estudos recentes de prova de conceito em pequena escala demonstraram que os “*Exercise Snacks*” podem melhorar a aptidão cardiorrespiratória e os índices de saúde cardiometabólica em adultos previamente inativos. Além disso, esse modelo de exercício parece ser bem tolerado e pode compensar os efeitos prejudiciais de ficar sentado por períodos prolongados nos resultados metabólicos e na função vascular. Esses achados sugerem que a incorporação de “*Exercise Snacks*” ao longo do dia poderia ser uma estratégia eficaz para melhorar a saúde cardiovascular e metabólica em indivíduos sedentários.

Diante do exposto, dividir uma sessão contínua de exercício em séries mais curtas de duração total equivalente, distribuídas ao longo de um dia, não altera seu potencial de fornecer benefícios à saúde, conforme destacado por Murphy *et al.*, (2019). Nesse sentido, o HIIT realizado de forma acumulada pode representar uma alternativa tempo-eficiente para a prevenção e tratamento de DCNTs como a obesidade, diabetes e hipertensão, conforme abordado neste trabalho, especialmente para indivíduos de meia-idade.

2.4 Efeito agudo do exercício e sua relação com Obesidade, Diabetes e Hipertensão.

Ao longo das últimas duas décadas, acumulou-se um conhecimento considerável sobre a importância do exercício como tratamento de diversas doenças crônicas (Pedersen e Saltin, 2015). Existem fortes evidências epidemiológicas de que o exercício aeróbico regular diminui o risco de pelo menos 35 doenças, incluindo doenças cardiometabólicas como obesidade, diabetes e hipertensão (Pedersen, 2019). A iniciativa “Exercício é remédio”, lançada pela *American Medical Association* e *American College of Sports Medicine* em 2007, tinha o objetivo de padronizar a avaliação e promoção da atividade física na prática clínica, ampliando os recursos em atividade física baseados em evidências (Berryman, 2010). O exercício regular

provoca adaptações crônicas na anatomia e fisiologia que fornecem defesa de primeira linha para a prevenção e tratamento de doenças. No entanto, também é importante considerar as alterações transitórias que ocorrem após cada sessão de exercício (efeito agudo) (DiMenna e Arad, 2020). O efeito agudo do exercício leva a diversas alterações nas vias metabólicas, cardiovasculares e imunológicas (Contrepois *et al.*, 2020; Murphy *et al.*, 2020). A coordenação da detecção, entrega, absorção e utilização de nutrientes é essencial para manter a homeostase celular, tecidual e de todo o corpo. Durante o exercício, a demanda metabólica do corpo pode aumentar aproximadamente 100 vezes, dependendo da intensidade do exercício (Murphy *et al.*, 2020). Nesse contexto, as adaptações crônicas ao exercício que reduzem o risco de desenvolvimento das doenças dependem do tipo, frequência, intensidade e duração do exercício (Garber *et al.*, 2011), o que torna importante o planejamento de cada sessão de exercício físico com o objetivo de se obter, a longo prazo, as adaptações mais favoráveis possíveis que previnam o surgimento de uma ou mais doenças.

Existem fortes evidências de que o exercício físico é importante para prevenir o ganho de peso em geral, bem como para manter o peso corporal. O treinamento físico aumenta o gasto energético e induz a lipólise, na qual a massa gorda é reduzida, caso a energia despendida não seja compensada com aumento da ingestão calórica (Pedersen e Saltin, 2015). Corroborando com esse contexto, um estudo abrangente utilizando dados de pesquisas nacionais dos EUA, realizadas entre 1988 e 2000, revelou que um déficit calórico diário de 50 kcal poderia prevenir o ganho de peso em 90% dos adultos (Hill *et al.*, 2003). Dessa forma, o aumento do dispêndio energético de uma sessão de exercício, por exemplo, deve ser um objetivo crucial para programas que auxiliam na prevenção do surgimento do sobrepeso e da obesidade (Edholm *et al.*, 2021).

Vários protocolos de treinamento, modelos de exercício de diferentes intensidades e durações têm sido usados para aumentar o gasto energético durante e depois do exercício (Allegretti João *et al.*, 2023). Dado que esse gasto energético pode permanecer elevado após o exercício, esse período pós-exercício também é potencialmente significativo para a prescrição de exercícios destinados a provocar perda de peso (Warren *et al.*, 2009), pois tem sido frequentemente relatado que o gasto energético pós-exercício aumenta proporcionalmente com a intensidade do exercício (Bahr e Sejersted, 1991; Børsheim e Bahr, 2003; Warren *et al.*, 2009; Allegretti João *et al.*, 2023). Isso ocorre devido a um aumento no EPOC, consistindo em um componente rápido e outro prolongado (Børsheim e Bahr, 2003). Alguns mecanismos propostos para o componente mais rápido do EPOC incluem o reabastecimento das reservas de oxigênio, ressíntese de trifosfato de adenosina/fosfato de creatina ATP-CP, remoção de lactato e aumento

da temperatura corporal, circulação e ventilação (Børsheim e Bahr, 2003). Em relação ao componente prolongado do EPOC, sabe-se menos sobre os mecanismos subjacentes. Um aumento sustentado da circulação, da ventilação e da temperatura corporal pode contribuir, mas o custo disso pode ser relativamente baixo (Børsheim e Bahr, 2003). Outros mecanismos em relação ao efeito agudo do exercício são hipotetizados e podem contribuir para uma maior perda de peso corporal e oxidação das gorduras: (1) a relação já estabelecida entre a intensidade do exercício e o EPOC (Laforgia *et al.*, 2006); (2) maiores aumentos nas catecolaminas circulantes e outros hormônios envolvidos na promoção da oxidação de gordura, como a adiponectina ou a interleucina-6 (IL-6), contribuindo tanto para a perda elevada de gordura quanto para o balanço energético negativo (Zouhal *et al.*, 2008); e (3) supressão do apetite após as sessões de treino, resultando na redução da ingestão calórica e em um maior balanço energético negativo durante um período de treino (King *et al.*, 2011).

Em relação ao diabetes, exercícios que promovam uma maior captação periférica de glicose podem ser fundamentais na prevenção e tratamento do diabetes (Colberg *et al.*, 2016; Kirwan *et al.*, 2017). A melhora da sensibilidade à insulina (SI) é o principal indicativo do benefício do exercício crônico para a prevenção do diabetes (Bird e Hawley, 2016). No entanto, uma sessão aguda de exercício é capaz de aumentar a SI no músculo esquelético humano (Steenberg *et al.*, 2019) e pode gerar um efeito agudo tardio na SI que pode durar até 72 horas (Bird e Hawley, 2017; DiMenna e Arad, 2020). Esse benefício torna-se importante no combate à resistência à insulina, que inicia a jornada patológica para doenças cardiometabólicas e deve ser prescrito com precisão para obter um efeito prolongado eficiente sobre a SI (DiMenna e Arad, 2020). Revisões e estudos controlados têm apresentado concordância de que há um efeito de dose dependente, com maiores volumes de exercício e maiores intensidades de exercício, incluindo o HIIE ou SIT, produzindo maiores benefícios para a SI (Bird e Hawley, 2017; Parker *et al.*, 2017).

Existe também um determinado consenso de que os efeitos agudos ou de curto prazo do exercício são o resultado de mecanismos dependentes e independentes de insulina, sendo as primeiras 2-4 horas independentes de insulina e as horas seguintes (48 horas ou mais) dependentes de insulina (Figura 6) (Kirwan *et al.*, 2017; Iaccarino *et al.*, 2021). As sessões agudas de exercício podem aumentar temporariamente a captação de glicose pelo músculo esquelético em até cinco vezes, por meio do aumento do transporte de glicose (independente da insulina) (Magkos *et al.*, 2008). À medida que esse efeito transitório desaparece, ele é substituído pelo aumento da SI e, com o tempo, estas duas adaptações ao exercício resultam em

melhorias tanto na capacidade de resposta à insulina quanto na SI do músculo esquelético (Holloszy *et al.*, 2005).

Figura 6. Efeitos do exercício agudo sobre a captação de glicose e sinalização insulínica.

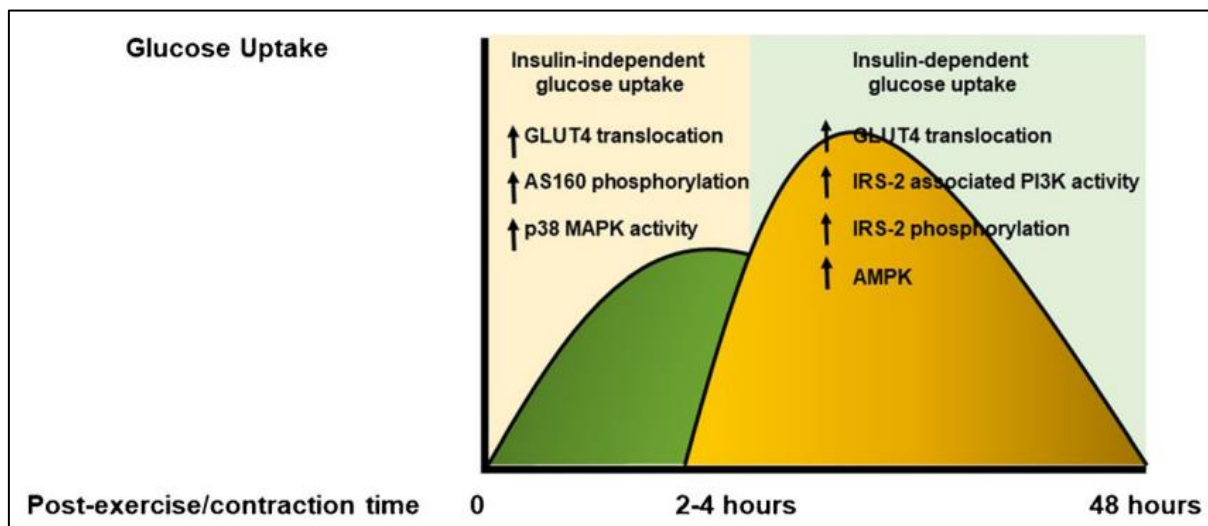
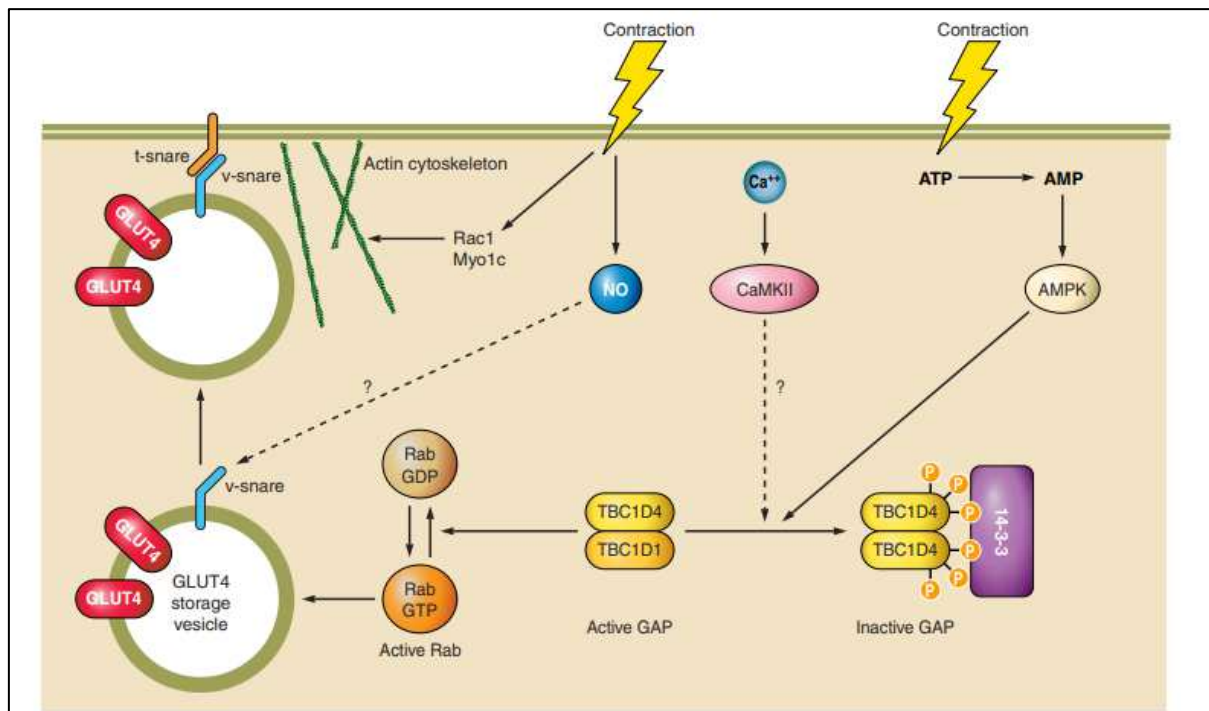


Figura 6. Efeitos do exercício agudo sobre a captação de glicose e sinalização insulínica. O exercício agudo evoca um aumento da captação de glicose, que é regulada tempo-dependente por mecanismos insulino-independentes e insulino-dependentes. O aumento da sensibilidade à insulina induzida pelo exercício é mediado por diferentes vias que funcionam em paralelo com a cascata canônica de sinalização da insulina. AMPK: proteína quinase ativada por AMP; AS 160: proteína AS 160; GLUT4: transportador de glicose responsivo à insulina; IRS: substratos do receptor de insulina; PI3K: fosfoinositida 3-quinase. Fonte: Iaccarino *et al.*, 2021.

Resumidamente, de acordo com Richter e Hargreaves (2013), durante o exercício, os aumentos coordenados no fluxo sanguíneo do músculo esquelético, o recrutamento capilar, a translocação do GLUT4 para o sarcolema e os túbulos T e o metabolismo são importantes para a captação e oxidação da glicose. O acoplamento e a fusão das vesículas GLUT4 à membrana superficial parecem exigir interações complexas entre proteínas e o citoesqueleto de actina. As vias de sinalização que podem levar à translocação de GLUT4 podem incluir AMPK, CaMKII e NOS (Figura 7).

Figura 7. Esquema de sinalização molecular envolvendo a translocação do GLUT 4 induzido pela contração muscular.



Fonte: Richter e Hargreaves, 2013.

Embora a regulação aguda da captação muscular de glicose dependa da translocação do GLUT4, a captação de glicose também depende da expressão muscular do GLUT4, que aumenta após o exercício. Outras moléculas associadas aos processos reguladores do SI incluem IRS-1 e o IRS-2. A ligação da insulina à subunidade α de seu receptor ativa a tirosina quinase da subunidade β do receptor, levando à própria autofosforilação, que por sua vez, induz a fosforilação da tirosina dos substratos, IRS-1 e IRS-2. A fosforilação/ativação desses substratos evoca a ativação da fosfoinositida 3-quinase (PI3K), que, por sua vez, estimula a ativação do principal efetor Akt (também chamado de proteína quinase B), o qual estimula a captação de glicose através da translocação do principal transportador de glicose GLUT-4 para a membrana plasmática, promovendo, assim, a captação de glicose pela célula (Figura 8) (Bird e Hawley, 2017; Iaccarino *et al.*, 2021). O treinamento físico é um estímulo potente para aumentar a expressão de GLUT4 no músculo esquelético, um efeito que pode contribuir parcialmente para melhorar a ação da insulina, a utilização da glicose e o aumento do armazenamento de glicogênio muscular após o treinamento físico (Richter e Hargreaves, 2013).

Figura 8. Representação esquemática dos passos iniciais da sinalização insulínica e dos principais mecanismos responsáveis pela resistência à insulina

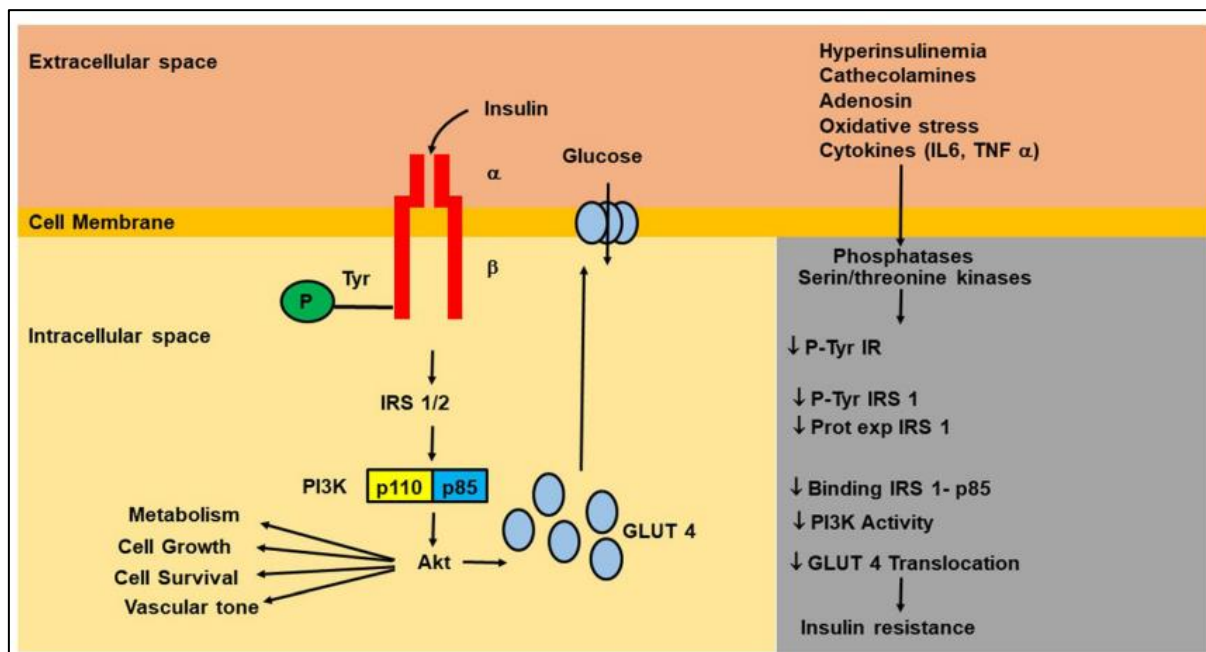


Figura 8. Representação esquemática dos passos iniciais da sinalização insulínica e dos principais mecanismos responsáveis pela resistência à insulina. A ligação da insulina à subunidade α de seu próprio receptor induz a autofosforilação de resíduos de tirosina da subunidade β que, por sua vez, induz a fosforilação da tirosina dos substratos de IR (IRS), IRS-1 e IRS-2. A ligação do IRS1/2 fosforilado à subunidade regulatória p85 da fosfoinositida-3 quinase (PI3K) ativa a subunidade catalítica p110, que, por sua vez, fosforila/ativa a serina/treonina quinase Akt (chamada também PKB), que estimula a captação de glicose através da translocação do principal transportador de glicose GLUT-4 para a membrana plasmática. Além disso, a AKT promove a sobrevivência e o crescimento celular, e está envolvida na regulação do tônus vascular e na homeostase metabólica. P: fosforilação, Tyr: tirosina, IR: receptor de insulina, IL-6: interleucina-6, Pro Exp: expressão proteica, TNF: fator de necrose tumoral.

Sobre a hipertensão arterial, exercícios que promovam respostas cardiovasculares menos acentuadas são objetivos importantes para a segurança das pessoas, especialmente aquelas afetadas por condições especiais como as doenças cardiovasculares (Hansen *et al.*, 2018). Além disso, os exercícios que promovem um maior efeito hipotensor pós-exercício (HPE), um fenômeno caracterizado pela diminuição da pressão arterial sistólica e/ou diastólica após uma única sessão de exercício físico em comparação aos valores de repouso (Kenney e Seals, 1993), representam uma ferramenta importante e não farmacológica no controle da hipertensão arterial (Pescatello *et al.*, 2015). Dessa forma, a magnitude e a duração do HPE podem fornecer informações valiosas sobre a eficácia de uma abordagem de exercício para o controle da pressão arterial (Dantas *et al.*, 2017).

Metanálises e revisões sistemáticas comparando os efeitos dos exercícios HIIT e MICT no HPE têm mostrado resultados inconsistentes. No estudo de Perrier-Melo *et al.*, (2020),

foram sugeridas respostas superiores de HPE após o exercício HIIT em comparação com o exercício MICT; no entanto, uma meta-análise mais recente com um maior número de estudos propôs um HPE semelhante após exercícios MICT e HIIT (Marçal *et al.*, 2021). De toda forma, tem sido dada atenção especial aos exercícios que podem potencializar a magnitude e duração do HPE, considerando que esse efeito pode reduzir a sobrecarga cardiovascular nas horas subsequentes à sessão de exercício, diminuindo o risco de eventos cardiovasculares (Rossow *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2020). Além disso, tem sido demonstrado que indivíduos que apresentam um HPE de maior magnitude após uma sessão de exercício tendem a ter uma maior redução da pressão arterial em repouso após semanas de treinamento (ou seja, um maior efeito crônico) (Currie *et al.*, 2012). Portanto, a magnitude do HPE parece predizer o efeito anti-hipertensivo crônico do exercício, o que representa uma importante aplicabilidade prática.

O efeito agudo do exercício físico pode levar a um aumento temporário da pressão arterial durante a execução, seguido por uma redução abaixo dos níveis pré-exercício imediatamente após o término da atividade. A magnitude dessas respostas, bem como os mecanismos subjacentes e os fatores de influência, dependem do tipo e da duração do exercício (Azevêdo *et al.*, 2019). A pressão arterial pode ser expressa através do débito cardíaco (DC) [o produto da frequência (FC) e do volume sistólico (VS)] vezes a resistência vascular periférica (RVP); portanto, a redução da pressão arterial pode ser explicada tanto por alterações centrais (reduções do DC) quanto periféricas (reduções da RVP) (Perrier-Melo *et al.*, 2021). O HPE é normalmente devido a uma redução na RVP que não é completamente compensada por um aumento no débito DC (Brito *et al.*, 2014; Azevêdo *et al.*, 2019), entretanto, em alguns casos, a redução do DC é responsável (Brito *et al.*, 2014; McCarthy *et al.*, 2022). Outros possíveis mecanismos incluem a descarga nervosa simpática muscular, o controle circulatório do reflexo barorreceptor e redução da responsividade vascular à estimulação mediada por receptores α -adrenérgicos (Kenney e Seals, 1993).

Em relação ao HIIE, Perrier-Melo *et al.*, (2021), destacam em seu trabalho que os principais mecanismos são: a modulação da função cardíaca; o aumento da sensibilidade barorreflexa nos níveis basais dos reguladores neuro-humorais no coração, o que pode aumentar a frequência de disparo no núcleo do trato solitário (NTS) por neurônios excitantes do núcleo ambíguo e do núcleo dorsal do nervo vago, culminando em um aumento do tônus vagal (sistema nervoso parassimpático) e uma diminuição do tônus simpático, resultando em uma redução na frequência cardíaca e um efeito beta-antagonista no coração. Assim, como mecanismo subjacente de redução da frequência cardíaca, o padrão hemodinâmico termina por ser modificado pela redução do volume sistólico e/ou redução ou manutenção do débito cardíaco.

Outro mecanismo envolvido é a RVP controlada pela inervação dos receptores alfa-1-adrenérgicos, relaxamento local (via óxido nítrico e prostaciclina) ou fatores contráteis (endotelina e angiotensina II); fatores circulantes como catecolaminas e angiotensina II; e metabólitos como O₂, H⁺ e adenosina. Assim, o aumento da vasodilatação devido às reduções da RVP, da rigidez arterial e do tônus simpático periférico como respostas pós-exercício resultará em uma redução significativa da pressão arterial (Perrier-Melo *et al.*, 2021). Vale ressaltar que uma redução de 2 mmHg na pressão arterial de repouso pode representar uma redução de 6% na mortalidade por acidente vascular cerebral, de 4% na doença arterial coronariana e de 3% na mortalidade total (Whelton *et al.*, 2002), dados extremamente importantes dada a crescente prevalência da hipertensão arterial e de outras doenças cardiometabólicas.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi comparar o dispêndio energético e respostas cardiometabólicas entre um exercício físico intervalado de alta intensidade realizado em uma única sessão (1xHIIE) *versus* três sessões mais curtas ao longo de um dia (3xHIIE) em homens de meia-idade.

3.2. Objetivos específicos

Estudo I. Comparar os efeitos de um protocolo de exercício físico intervalado de alta intensidade realizado em sessão única *versus* três sessões mais curtas, com intervalo de 4 horas entre as sessões, sobre o dispêndio energético, respostas cardiometabólicas e esforço percebido.

Estudo II. Comparar as respostas agudas de uma única sessão de exercício físico intervalado de alta intensidade *versus* três sessões mais curtas com intervalo de 4 horas entre as sessões sobre a sensibilidade à insulina.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações éticas

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM (protocolo 60689122.9.00005108). Antes da participação, todos os indivíduos foram informados sobre os objetivos, procedimentos, riscos potenciais, desconfortos e benefícios do estudo. Cada participante forneceu consentimento informado por escrito, reconhecendo seu envolvimento voluntário e sendo livre para retirar-se do estudo a qualquer momento.

4.2 Participantes

Inicialmente, 28 indivíduos (25 homens e 3 mulheres) de meia-idade (45-64anos) que praticavam atividade física regularmente e não fumavam, considerados fisicamente ativos (>150 min/semana de atividade física moderada a intensa) (OMS, 2020) participaram do estudo. Os participantes foram recrutados através de folhetos, plataformas de redes sociais e contatos pessoais. Um questionário médico e o questionário de prontidão para atividade física (PAR-q) foram aplicados e os indivíduos que atenderam a um ou mais dos seguintes critérios de exclusão foram considerados não elegíveis e foram excluídos do estudo: indivíduos diagnosticados com ou com sintomas de doença cardiometabólicas, doenças renais ou pulmonares e limitações ortopédicas/neurológicas. Porém, seguindo os critérios de inclusão

descritos, apenas 25 homens foram elegíveis e convidados a participar do estudo. Não houve pretensão de excluir mulheres, mas duas mulheres não atendiam aos critérios de inclusão e uma não poderia comparecer a todos os ensaios experimentais. Dois homens não atenderam aos critérios de inclusão e um não poderiam comparecer a todos os ensaios experimentais. Vinte e dois participantes iniciaram os procedimentos e vinte completaram todas as etapas experimentais e seus dados foram incluídos na análise estatística (Figura 9).

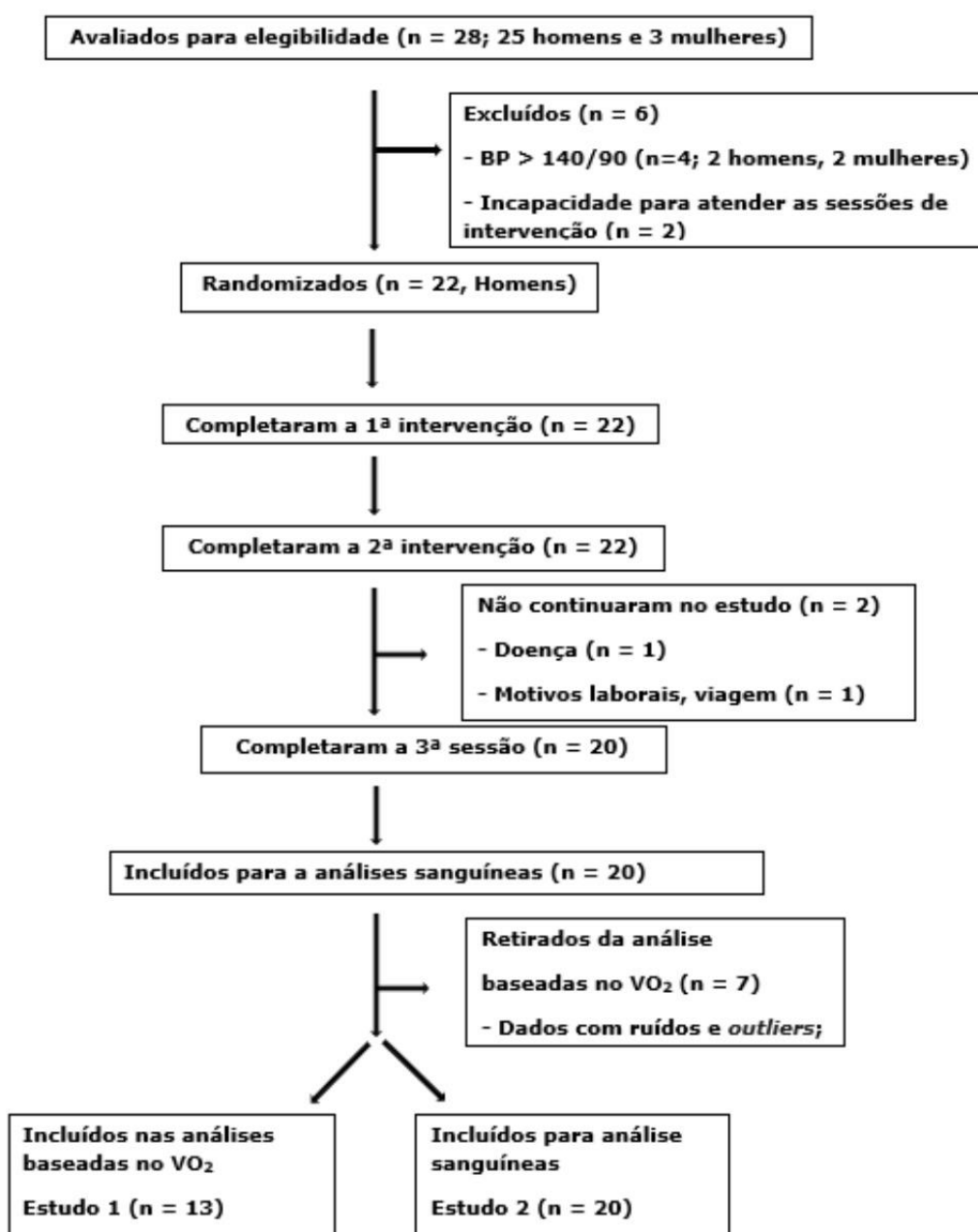


Figura 9. Fluxograma de participação.

4.3 Desenho experimental

Este estudo utilizou desenho de ensaio clínico randomizado e cruzado, de acordo com o Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC) sob o identificador RBR-10kynbky. Os participantes foram submetidos a um total de 5 visitas ao laboratório, totalizando 2 visitas iniciais e 3 sessões experimentais. As visitas foram separadas por 7 dias, sendo as duas primeiras utilizadas para avaliações iniciais. Posteriormente, os participantes foram designados aleatoriamente para uma das três sessões experimentais (Figura 10). Durante todas as visitas, a temperatura ambiente foi mantida em 22°C e a umidade relativa foi de aproximadamente 60%. Os participantes foram orientados a usar roupas semelhantes (shorts e camiseta) em todas as visitas e orientados a abster-se de exercícios físicos e consumo de álcool por 48 horas antes de cada visita. Além disso, os participantes foram instruídos a usar um relógio actígrafo (wGT3X-BT) por 48 horas antes de cada sessão experimental para registrar os níveis de atividade física e a quantidade e duração do sono. Eles também foram solicitados a seguir um plano alimentar baseado em seus registros alimentares nas 24 horas anteriores e durante o dia de cada visita ao laboratório. Por fim, foram aconselhados a limitar a atividade física durante o deslocamento para o laboratório para evitar o aumento da taxa metabólica.

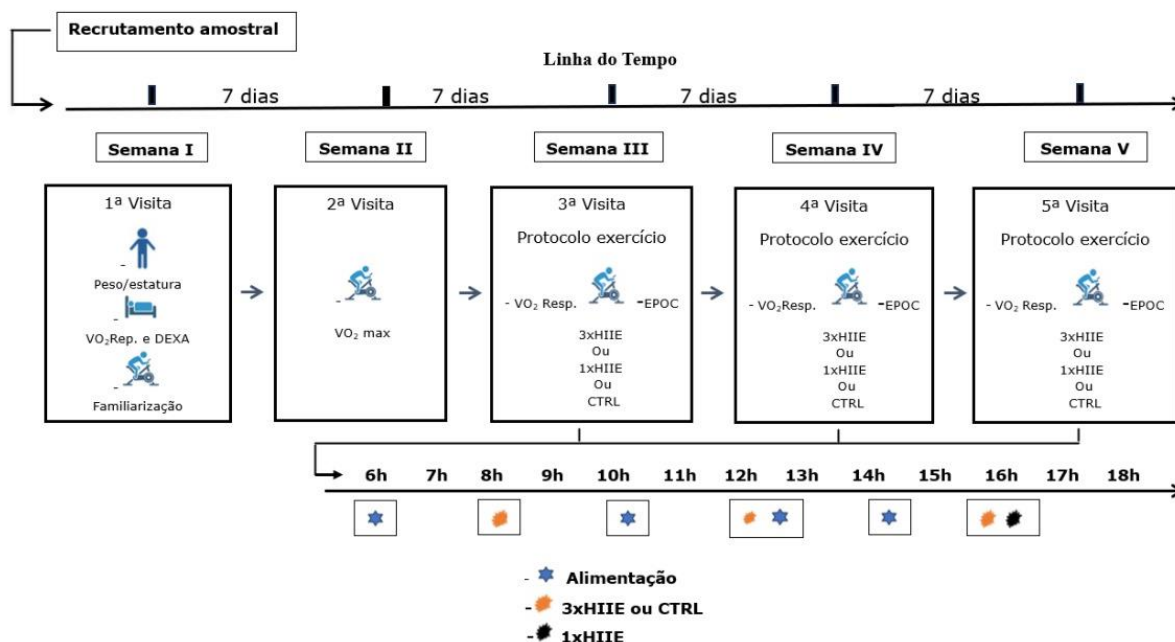


Figura 10. Delineamento experimental.

4.4 Avaliações de base

Para todas as visitas, os participantes chegaram ao laboratório às 7h30. Durante a visita 1, os participantes chegaram após um jejum noturno de 12 horas (Compher *et al.*, 2006)

para medição do consumo de oxigênio em repouso ($\dot{V}O_2$ repouso). Em seguida, a composição corporal foi medida por meio de absorciometria radiológica de dupla energia (DEXA - GE Healthcare, Madison, Wisconsin, EUA) seguida de café da manhã padronizado. Trinta minutos após o café da manhã, os participantes foram familiarizados com o protocolo máximo de rampa em cicloergômetro. Posteriormente, os participantes receberam instruções de um nutricionista certificado indicando como usar os formulários de registro alimentar. Eles foram instruídos a preencherem os registros alimentares por três dias não consecutivos (dois dias durante a semana e um dia no fim de semana) antes da segunda visita ao laboratório. A ingestão alimentar foi calculada como a ingestão média dos três dias para o total de calorias, carboidratos, lipídios e proteínas. Todos os cálculos dietéticos foram realizados por meio de software (DietPro®, versão 5i, Viçosa, Minas Gerais/Brasil).

Na segunda visita, os participantes foram submetidos a um protocolo máximo de rampa (Myers e Bellin, 2000) em um cicloergômetro *Lode* (*Lode*, Corival 400) para determinar seu $\dot{V}O_{2max}$. O protocolo de rampa consistiu em um aquecimento de 3 minutos a 30W, seguido de incrementos constantes e individualizados na carga de trabalho até a fadiga, apesar do incentivo verbal. O teste foi realizado a uma cadência de 60 rpm e os critérios para atingir o $\dot{V}O_{2max}$ incluíam atender a pelo menos dois dos seguintes critérios: i) platô do $\dot{V}O_2$ apesar do aumento da taxa de trabalho; ii) relação de troca respiratória (RER) superior a 1,10; iii) frequência cardíaca (FC) superior a 95% da FC máxima prevista para a idade calculada ($220 - \text{idade}$); e iv) exaustão volitiva, indicada por um escore de percepção de esforço ≥ 18 na escala de Borg (Midgley *et al.*, 2007).

Após o teste, os participantes receberam um plano alimentar baseado na composição e energia total de seus registros alimentares de 3 dias. Este plano alimentar deveria ser seguido nas 24 horas anteriores e durante os dias das sessões experimentais. Os participantes foram instruídos a consumir uma refeição pré-exercício composta por 65% de carboidratos, 15% de proteínas e 20% de lipídios 2 horas antes de cada sessão experimental.

4.5 Sessões experimentais

As três sessões experimentais foram previamente distribuídas aleatoriamente por meio de um gerador de números (<https://www.randomizer.org/>). Na chegada, os participantes foram questionados se aderiram às recomendações pré-exercício, incluindo abster-se de exercícios e álcool nas 48 horas anteriores, seguir o plano alimentar e limitar a atividade física no deslocamento para o laboratório. Relógios de actigrafia foram então retirados dos participantes para estimar os níveis de atividade física e a quantidade e duração do sono nas 48

horas anteriores às sessões experimentais. Em seguida, os participantes permaneceram sentaram-se em silêncio por 30 minutos antes do início da sessão de exercícios.

As sessões de exercício consistiram em: i) um protocolo HIIE realizado em sessão única (1xHIIE), ii) um protocolo HIIE realizado em três sessões mais curtas com intervalo de 4 horas entre cada sessão (3xHIIE), e iii) um controle sem exercício protocolo (CTRL) (Figura 11). Os protocolos de exercícios foram adaptados de pesquisas anteriores (De Matos *et al.*, 2018).

i) 1xHIIE

A sessão do protocolo 1xHIIE tem o mesmo volume e intensidade do protocolo 3xHIIE, exceto que o participante realizou em uma única sessão de 21 minutos o HIIE (Figura 11A). O protocolo 1xHIIE foi projetado para terminar às 16h30, para coincidir com o término da terceira sessão do protocolo 3xHIIE. Esta estratégia foi utilizada para minimizar possíveis interferências do ciclo circadiano e do horário de alimentação.

ii) 3xHIIE

O protocolo 3xHIIE consistiu em três sessões de 7 minutos (21 minutos no total) com intervalo de 4 horas entre as sessões, começando às 8h, 12h e 16h. Cada uma dessas sessões de 7 minutos consistiu em um aquecimento de 1 minuto (composto por 30 segundos a 30% e 30 segundos a 50% do pico de potência (PPO) atingida no teste de $\dot{V}O_{2max}$), seguido de três sessões de 1 minuto a 90% da PPO atingida no teste de $\dot{V}O_{2max}$, com períodos de 1 minuto de recuperação ativa a 30% da PPO atingida no teste de $\dot{V}O_{2max}$ após cada estímulo (Figura 11B).

iii) protocolo CTRL

O protocolo CTRL foi conduzido para minimizar a interferência da ingestão alimentar e do ciclo circadiano. Durante o protocolo de controle sem exercício, os procedimentos foram idênticos ao protocolo 3xHIIE, exceto que o participante permaneceu sentado em repouso no cicloergômetro, sem realizar nenhum exercício.

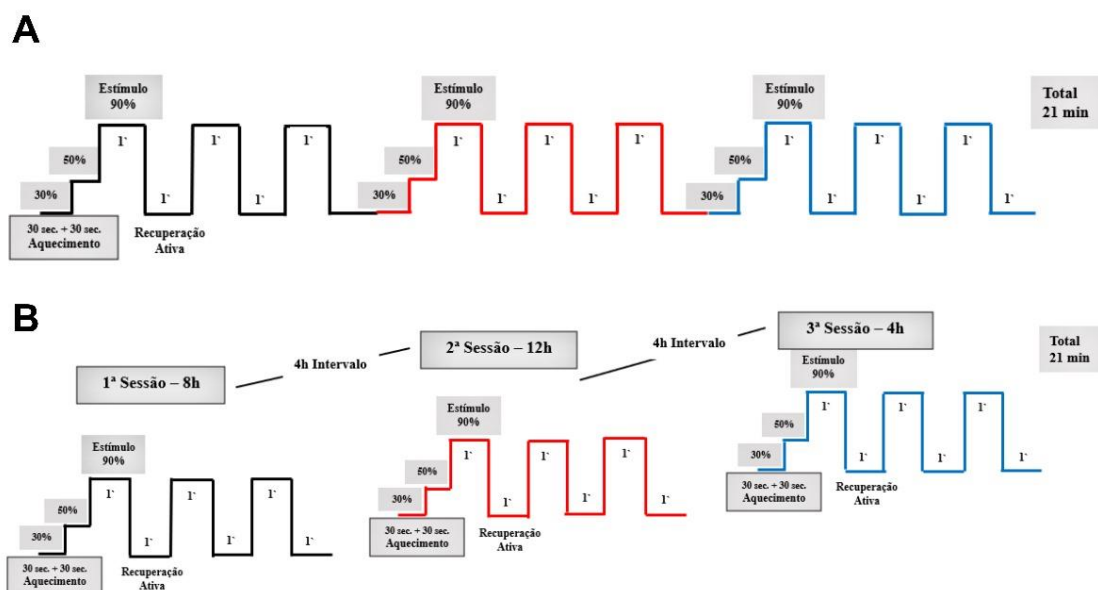


Figura 11. Protocolos de exercício; A - 1xHIIE, exercício intervalado de alta intensidade sessão única (3 blocos de 7 min sem intervalos entre eles); B - 3xHIIE, exercício intervalado de alta intensidade 3 sessões (3 blocos de 7 min com intervalo de 4h entre eles).

4.6 Medições Fisiológicas e Perceptivas

i) Medidas pré-exercício

Ao chegar ao laboratório, os participantes foram convidados a sentar-se e permanecerem calmamente sentados em uma cadeira por 30 minutos. Durante esse período, eles usaram uma máscara facial conectada a um analisador de gases (*Lab Chart Pro Metabolic Module V8 e AD Metabolic System Instrument PowerLab #DM-060-24*) para medições respiração a respiração. Além disso, os participantes usaram um monitor de FC (Polar RS800 HR Electro, Finlândia) e a PA foi aferida em tempos determinados por um aparelho digital (modelo - BP 3BTO-A *microlife*). Eles foram instruídos a permanecerem em repouso e absterem-se de usar o telefone ou realizarem qualquer outra atividade para evitar possíveis alterações no $\dot{V}O_2$. O $\dot{V}O_2$, a FC e PA de repouso foram verificados após os últimos 5 minutos do período pré-exercício. A média mais baixa de cinco medições consecutivas de 1 minuto foi usada como valores basais de $\dot{V}O_2$ (Compher *et al.*, 2006; Valstad *et al.*, 2018). O lactato sanguíneo de repouso foi obtido a partir de uma amostra de sangue da ponta do dedo após o último minuto do período de repouso, utilizando um analisador de lactato portátil (*Accutrend® Plus*, D-68298 Mannheim, Alemanha).

ii) Medições de exercício

O $\dot{V}O_2$, a FC e PA foram monitorados continuamente durante os períodos de exercício e recuperação. A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada imediatamente

após cada estímulo, e os níveis de lactato sanguíneo foram registrados imediatamente após cada sessão de exercício. A pressão arterial e escala de prazer do exercício desenvolvida por Stanley *et al.* (2009) foram aferidos após o 3º, 6º e 9º estímulos de cada protocolo de exercício.

iii) Medidas pós-exercício

Imediatamente após o exercício, os participantes permaneceram em repouso sentados em uma cadeira até que seus níveis de $\dot{V}O_2$ retornassem aos valores basais de $\dot{V}O_2$. Dois métodos foram utilizados para determinar o término do EPOC. O primeiro método – o método de 1 desvio padrão – identificou o término do EPOC como o momento em que os valores de $\dot{V}O_2$ caíram dentro de 1 desvio padrão do $\dot{V}O_2$ basal por dois minutos consecutivos (Chad e Wenger, 1988; Dawson *et al.*, 1996). O segundo método – o método EPOC de 5 minutos – identificou o final do EPOC como o momento em que o $\dot{V}O_2$ médio de 5 minutos se igualou ao $\dot{V}O_2$ basal (Sedlock, 1994; Sedlock *et al.*, 1989; Valstad *et al.*, 2018). Para ambos os métodos, a duração do final do exercício até o final do EPOC foi considerada a duração do EPOC (Short e Sedlock, 1997). O EPOC foi calculado como a diferença entre o $\dot{V}O_2$ pós-exercício e o $\dot{V}O_2$ de repouso (McGarvey *et al.*, 2005; Valstad *et al.*, 2018; Matthews *et al.*, 2022).

Para o protocolo 3xHIIE, o EPOC foi calculado como a soma do $\dot{V}O_2$ durante os períodos de recuperação após as três sessões de exercício, enquanto a FC e o lactato sanguíneo foram calculados em média ao longo desses períodos de recuperação. O dispêndio energético (em kcal) foi calculado multiplicando o $\dot{V}O_2$ total (L) por 5 kcal/L, conforme descrito anteriormente (Tucker *et al.*, 2016; Matthews *et al.*, 2022). Para o protocolo sem exercício (CTRL), o $\dot{V}O_2$, a FC e a PA foram registrados de forma idêntica ao protocolo 3xHIIE.

4.7 Teste oral de tolerância à glicose (TOTG) e índices de sensibilidade à insulina (ISI)

Após um jejum noturno (~8-10 horas) os participantes foram a um laboratório clínico local entre 7h00 e 7h30 da manhã seguinte (~14 horas após o término dos protocolos experimentais do dia anterior). Foi coletada uma amostra de sangue venoso em jejum para dosagem de glicemia e insulina. Em seguida, os participantes ingeriram 75 gramas de dextrose em solução de 300mL. Posteriormente foram coletadas amostras de sangue aos 30, 60, 90 e 120 minutos após a ingestão de glicose. Foram feitas medidas da glicose plasmática e a concentração sérica de insulina em todas as amostras de sangue. A partir dos dados do TOTG foram calculados:

- A resistência à insulina calculada a partir do modelo de homeostase da resistência à insulina (HOMA-IR), com os resultados de insulina e glicose no minuto 0 (valores de jejum), usando a fórmula:

$$\text{HOMA-IR} = \text{glicose (mmol)} \times \text{insulina (\mu U/ml)} \div 22,5;$$

- O índice de sensibilidade à insulina de Matsuda (ISi Matsuda) (Matsuda e Ralfh, 1999), um índice de sensibilidade à insulina de corpo inteiro que reflete uma estimativa composta da sensibilidade à insulina hepática e muscular, calculado através da fórmula:

$$\text{ISi}_{(\text{Matsuda})} = \frac{10,000}{\sqrt{G_0 \times I_0 \times G_{\text{mean}} \times I_{\text{mean}}}}$$

onde 10.000 – constante simplificadora para obter números de 0 a 12, $\sqrt{\quad}$ – correção da distribuição de valores não lineares, G_0 – concentração de glicose plasmática em jejum (mg/dl), I_0 – concentração plasmática de insulina em jejum (mUI/l), G_{mean} – concentração média de glicose plasmática durante o TOTG (mg/dl), de 0 a 120 min e I_{mean} – concentração plasmática média de insulina durante o TOTG (mUI/l), de 0 a 120 min.

- O índice de sensibilidade à insulina de Cederholm (ISi Cederholm) (Cederholm e Wibell, 1990), representa principalmente a sensibilidade periférica à insulina e a captação muscular de glicose, devido ao papel dominante dos tecidos periféricos na eliminação de glicose após uma carga oral de glicose. A fórmula para o índice de Cederholm é:

$$\text{ISi}_{\text{Cederholm}} = \frac{75000 + (G_0 - G_{120}) \times 1,15 \times 180 \times 0,19 \times m}{120 \times G_{\text{mean}} \times \log(I_{\text{mean}})}$$

onde 75.000 – carga de glicose oral em um TOTG em mg; G_0 – concentração de glicose plasmática em jejum (mmol/l); G_{120} – concentração de glicose plasmática no 120º min de TOTG (mmol/l); 1,15 – fator de transformação da glicose do sangue venoso total em valores plasmáticos; 180 – fator de conversão para transformar a concentração de glicose plasmática de mmol/l em mg/dl; 0,19 – espaço de glicose em litro por kg de peso corporal, m – peso corporal (kg); 120 – duração do TOTG (min); I_{mean} – concentração plasmática média de insulina durante o TOTG (mUI/l); e G_{mean} – concentração média de glicose plasmática durante o TOTG (mmol/l).

- O índice de sensibilidade à insulina muscular (mISI) (Abdul-Ghani *et al.*, 2007, MATOS *et al.*, 2018), calculado através da taxa de mudança da glicose plasmática de seu pico até seu final (dG/dt) dividida pela concentração plasmática média de insulina (I) durante o tempo 30–120 min do TOTG:

$$mISI = dG/dt \div I;$$

- O índice de sensibilidade à insulina de Gutt (ISi Gutt) (Gutt et al., 2000), O ISi GUTT 0-120, foi adaptado do índice ISi desenvolvido e publicado por Cederholm e Wibell 1990, através da fórmula:

$$ISI_{0,120} = \frac{75,000 + (G_0 - G_{120}) \times 0.19 \times m}{120 \times G_{mean} \times \log(I_{mean})}$$

onde 75.000 – carga de glicose oral em um TOTG em mg; G_0 – concentração de glicose plasmática em jejum (mg/dl); G_{120} – concentração de glicose plasmática no 120º min do TOTG (mg/dl); 0,19 – espaço glicosado em l/kg de peso corporal; m – peso corporal (kg), 120 – duração do TOTG (min); I_{mean} – concentração plasmática média de insulina durante o TOTG (mUI/l) e G_{mean} – concentração média de glicose plasmática durante o TOTG (mmol/l).

- O índice de sensibilidade à insulina de Avignon (ISi Avignon) (Avignon *et al.*, 1999), foi calculado utilizando os índices de SI derivados da insulina (I) e glicose (G) plasmáticas no estado basal (Sib) e na segunda hora (I 2h e G 2h - Sib2h) através do TOTG, utilizando a fórmula:

$$SiM = \frac{(0.137 \times Sib) + Si2h}{2}$$

- O índice de sensibilidade à insulina de Stumvoll (ISi Stumvoll) (Stumvoll *et al.*, 2001), que leva em consideração o IMC e idade do sujeito. As equações foram geradas por meio da análise de regressão linear múltipla e adaptadas às disponibilidades dos tempos de amostragem durante o TOTG. O ISi Stumvoll foi calculado a partir de dados obtidos em 0 e 120 min:

$$ISI_{Stumvoll} = 0.222 - 0.00333 \times BMI - 0.0000779 \times I_{120} - 0.000422 \times age$$

Além disso, foi calculada a área sob a curva de glicose e de insulina usando o método trapezoidal (Levine e Haft, 1970, Ismail *et al.*, 2019) e calculado através do *software* estatístico *GraphPad Prism*, versão 8.

4.8 Análise estatística

Estudo I. Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão. O cálculo amostral foi realizado utilizando valor alfa de 0,05 e poder de 80% por meio do *software* *GPower* 3.1. Este cálculo foi baseado em um estudo anterior que encontrou diferenças significativas no EPOC entre dois exercícios e protocolo CTRL (Islam *et al.*, 2018), resultando em um tamanho mínimo de amostra de 11 participantes. Para compensar a potencial desistência de voluntários, foram

acrescentados 10% adicionais ao tamanho da amostra, resultando num tamanho de amostra final de 13 indivíduos. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o teste *t* de *Student* ou ANOVA *one-way* ou *two-way* seguido pelo teste *post hoc* de *Tukey* (*GraphPad Prism*, versão 8.0). Um nível de significância de 5% foi utilizado para determinar a significância estatística.

Estudo II. Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão. O cálculo amostral foi realizado utilizando valor alfa de 0,05 e poder de 80% por meio do *software GPower* 3.1. Este cálculo foi baseado em um estudo anterior que encontrou diferenças significativas no TOTG entre dois protocolos de exercício e CTRL (Metcalf *et al.*, 2016), resultando em um tamanho mínimo de amostra de 15 participantes. Para ter em conta o potencial abandono de voluntários, foram acrescentados 20% adicionais ao tamanho da amostra, resultando numa amostra final de 18 indivíduos. O teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para avaliar a normalidade dos dados. As análises estatísticas foram realizadas utilizando ANOVA *one-way* seguida pelo teste *post hoc* de *Tukey* (*GraphPad Prism*, versão 8.0). Um nível de significância de 5% foi utilizado para determinar a significância estatística. Os dados foram analisados sem conhecimento prévio da alocação, que só foi revelada após toda a análise estatística ter sido realizada.

5. ESTUDO I

Título: Múltiplas sessões de exercícios intervalados de alta intensidade durante o dia resultam em maior gasto energético com menos esforço percebido do que uma sessão única mais longa - um ensaio clínico cruzado e randomizado.

5.1 Resumo

A interrupção dos períodos de sedentarismo com breves sessões de exercício intervalado de alta intensidade (HIIE) é sugerida como uma abordagem eficiente em termos de tempo para melhorar a adesão à prática de exercício físico e a saúde. Este ensaio clínico randomizado e cruzado foi desenhado para comparar o dispêndio energético (DE), as respostas cardiometabólicas e perceptivas durante o HIIE realizado em uma única sessão (1xHIIE) ou dividida em três sessões mais curtas (3xHIIE) ao longo do dia. Treze participantes do sexo masculino ($47,9 \pm 3,0$ anos) completaram dois protocolos experimentais: o protocolo 1xHIIE consistiu em uma única sessão de 21 minutos, enquanto o protocolo 3xHIIE consistiu em três sessões mais curtas de 7 minutos separadas por um intervalo de 4 horas entre cada sessão. O consumo de oxigênio (VO_2), frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE) e lactato sanguíneo foram medidos durante os protocolos experimentais. As sessões 1xHIIE e 3xHIIE induziram DE semelhante durante o exercício ($301,0 \pm 52,1$ e $302,4 \pm 72,8$ kcal, respectivamente; $p = 0,87$). No entanto, o DE pós-exercício após o 3xHIIE foi aproximadamente duas vezes maior que após o 1xHIIE ($67,6 \pm 15,1$ vs. $30,7 \pm 8,8$ kcal, respectivamente; $p < 0,001$) ou aproximadamente 40 kcal maior. Além disso, em comparação com 1xHIIE, o protocolo 3x HIIE induziu uma menor elevação da FC (161 ± 9 e 150 ± 7 bpm, respectivamente; $p = 0,004$), avaliação na percepção subjetiva de esforço (16 ± 1 e 14 ± 2 respectivamente; $p = 0,0003$) e lactato sanguíneo ($9,0 \pm 3,3$ e $6,1 \pm 2,7$ mmol/L, respectivamente; $p = 0,003$). Esses achados sugerem que múltiplas sessões breves de HIIE ao longo do dia resultam em maior gasto energético com menor percepção de esforço do que uma única sessão de HIIE em indivíduos do sexo masculino de meia-idade.

Palavras-chave: Consumo de consumo de oxigênio pós-exercício; Exercício acumulado; Exercício intervalado de alta intensidade.

5.2 Introdução

A inatividade física é considerada o quarto principal fator de risco para mortalidade global (6% das mortes em todo o mundo), sendo responsável por aproximadamente 3,2 milhões de mortes por ano (OMS, 2009). Mais de um quarto da população adulta mundial (1,4 bilhões de adultos) é fisicamente inativa e não cumpre as recomendações atuais de pelo menos 150 minutos de atividade física de intensidade moderada ou 75 minutos de atividade física de intensidade vigorosa por semana (Hallal *et al.*, 2012; OMS, 2022). Geralmente, essa falta de atividade física está associada ao comportamento sedentário, definido como comportamento de vigília caracterizado por gasto energético $\leq 1,5$ equivalentes metabólicos (METs). Curiosamente, indivíduos que atendem às recomendações atuais para atividade física, mas passam horas prolongadas em comportamento sedentário, como ficar sentado por muito tempo em ocupações ou durante o lazer, ainda podem ser suscetíveis a doenças cardiovasculares e metabólicas (Lavie *et al.*, 2019). Portanto, torna-se crucial identificar estratégias de exercício que possam interromper o comportamento sedentário mesmo em indivíduos fisicamente ativos, visando reduzir o risco de doenças cardiovasculares e metabólicas.

Dividir o exercício em sessões curtas (<10 minutos) ao longo do dia pode ser mais administrável para a maioria dos indivíduos e servir como uma estratégia viável para integração na rotina diária, seja em casa ou mesmo no local de trabalho (Broadney *et al.*, 2018; Gillen *et al.*, 2021). Uma abordagem eficaz para acabar com o comportamento sedentário e melhorar a saúde cardiometabólica em indivíduos fisicamente inativos é usar sessões de exercícios vigorosos de curta duração, como HIIE, ao longo do dia, comumente conhecidos como "Exercise Snacks" (Islam *et al.*, 2022). Estudos anteriores demonstraram que essas sessões de exercício vigoroso de curta duração distribuídas ao longo do dia podem ser mais eficazes na melhoria dos marcadores cardiometabólicos do que uma única sessão prolongada de exercício moderado ou vigoroso. Por exemplo, François *et al.*, (2014) demonstram que uma sessão de exercício breve e intensa antes de cada refeição principal foi mais eficaz na redução da concentração média de glicose no sangue pós-prandial e de 24 horas do que uma única sessão de exercício contínuo prolongado em indivíduos com resistência à insulina. Em um modelo experimental, demonstramos que um protocolo de treinamento intervalado de alta intensidade com três sessões diárias de HIIE foi superior a uma única sessão diária de HIIE com volume e intensidade de exercício semelhantes na redução do peso da gordura visceral e do tamanho dos adipócitos (Mendes *et al.*, 2022). Essa superioridade foi observada independentemente da ingestão de energia, e especulamos que múltiplas sessões diárias de curta duração podem resultar em maior dispêndio energético (DE) do que sessões únicas diárias devido ao maior

excesso acumulado de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC) após cada sessão de curta duração (Børsheim e Bahr, 2003; Laforgia *et al.*, 2006). Apesar desta evidência, nenhum estudo anterior comparou em humanos o efeito de múltiplas sessões curtas de HIIE com duração de 10 minutos ou menos ao longo do dia com uma única sessão de HIIE sobre o EPOC.

Embora os benefícios da atividade física regular estejam bem estabelecidos, os indivíduos muitas vezes enfrentam desafios na adoção de um estilo de vida fisicamente ativo, citando barreiras pessoais relacionadas com limitações percebidas na autoeficácia e falta de tempo, entre outras. Assim, a utilização de séries curtas, com duração inferior a 10 minutos, poderia ser particularmente vantajosa para a adesão ao exercício. Várias sessões mais curtas podem ser percebidas como menos intensas do que uma única sessão com maior volume, o que pode ser crucial para a autoeficácia e a sustentabilidade de um programa de exercícios. No entanto, ainda não está claro se múltiplas sessões de HIIE ao longo do dia seriam percebidas como menos intensas e mais alcançáveis do que uma única sessão de HIIE.

Neste estudo, realizamos um ensaio clínico randomizado cruzado envolvendo indivíduos de meia idade para comparar os efeitos de um protocolo de HIIE realizado em sessão única *versus* três sessões mais curtas, com intervalo de 4 horas entre as sessões, sobre DE, respostas cardiometabólicas e esforço percebido. Nossas hipóteses eram duplas: primeiro, esperávamos que múltiplas sessões de HIIE resultariam em maior EPOC, mas menor resposta cardiorrespiratória do que uma única sessão de HIIE. Em segundo lugar, pretendíamos testar se três sessões mais curtas eram percebidas como intensas como uma única sessão de HIIE, hipotetizando que três sessões mais curtas de HIIE induziriam menor esforço percebido do que uma única sessão.

5.3 Resultados

A Tabela 1 mostra as características dos participantes, incluindo idade, características físicas, $\dot{V}O_{2max}$, taxa metabólica de repouso estimada e pico de potência (PPO) durante o teste de esforço máximo. A Tabela 2 apresenta dados sobre quantidade de sono e marcadores de qualidade do sono na noite anterior às sessões experimentais, bem como níveis de atividade física 48 horas antes das sessões experimentais. Não foram observadas diferenças entre as sessões experimentais em nenhum desses parâmetros.

Tabela 1 – Características dos participantes – Estudo I

	Média	±DP
Idade (anos)	47,92	3,04
Altura (m)	1,75	0,07
Peso corporal (kg)	78	12,30
IMC (kg/m²)	25,44	2,47
MGO (%)	17,40	6,18
MM (%)	57,40	8,50
TMR (kcal)	1451	182,59
VO_{2 max} (ml.Kg⁻¹.min⁻¹)	49,60	8,09
PPO (W)	292,1	48,46

Tabela 1 – Características dos participantes: IMC – índice de massa corpora; MGO – massa gorda; MM – massa muscular; TMR – Taxa metabólica de repouso; $\dot{V}O_{2 max}$ consumo máximo de oxigênio; PPO – pico de potência; W-Watts; Dados apresentados em média ± DP; (n = 13).

Tabela 2 – Quantidade de sono e marcadores de qualidade do sono

	CTRL	1xHIIE	3xHIIE	p	F
Nº de passo 48h pré	6711 ± 1822	7047 ± 1741	5608 ± 2799	0.2001	(2,39) = 1,677
Sono:					
Tempo total sono (min)	370 ± 31	350 ± 31	359 ± 38	0,3102	(2,36) = 1,2100
Nº despertares	22 ± 7,28	21 ± 6,03	22 ± 9,01	0,8691	(2,36) = 0,1409
Despertares (min)	59 ± 25`5	56 ± 15`2	61 ± 26`3	0,8570	(2,36) = 0,1550
Índice de Mobilidade	13,75 ± 4,4	14,3 ± 3,3	15 ± 4,2	0,7234	(2,36) = 0,3267
Índice de fragmentação	23,6 ± 7,5	28,4 ± 6,3	28,4 ± 9	0,1958	(2,36) = 1,7070
Eficiência (%)	86,4 ± 6,3	86,5 ± 3,3	85,0 ± 6	0,7480	(2,36) = 0,2927
Latência	22 ± 16,6	15,4 ± 10,5	19,6 ± 12,6	0,4554	(2,36) = 0,8041
Tempo total/cama(min)	7`40 ± 1`18	7`59 ± 0`46	8`02 ± 1`20	0,8293	(2,27) = 0,1885

Tabela 2. Quantidade de sono e marcadores de qualidade do sono. Os dados são apresentados em Média ± DP, desvio padrão; ANOVA *one-way* seguida do teste de *Tukey*, n=13.

A Figura 12 mostra o $\dot{V}O_2$ antes e durante o exercício e a recuperação do exercício. O $\dot{V}O_2$ de repouso foi semelhante entre os protocolos CTRL, 1xHIIE e 3xHIIE (efeito de grupo: F (8,180) = 0,179, P = 0,99). Houve interação significativa entre tempo (efeito de tempo F (20,756) = 14,90, p < 0,0001) e protocolos (efeito de grupo F (2,756) = 1479, p < 0,0001) para $\dot{V}O_2$ durante o exercício. Houve aumento significativo do $\dot{V}O_2$ do repouso ao exercício em ambos os protocolos de exercício (1xHIIE: 2,87 ± 0,49 L/min vs. 0,29 ± 0,06 L/min, p < 0,0001; 3xHIIE: 2,88 ± 0,69 L/min vs. 0,29 ± 0,06 L/min, p < 0,001). Durante o exercício, o $\dot{V}O_2$ foi semelhante entre as sessões 1xHIIE e 3xHIIE (p = 0,8319). Porém, durante a recuperação do exercício, o $\dot{V}O_2$ foi significativamente maior no protocolo 3xHIIE em comparação ao protocolo 1xHIIE (p < 0,001).

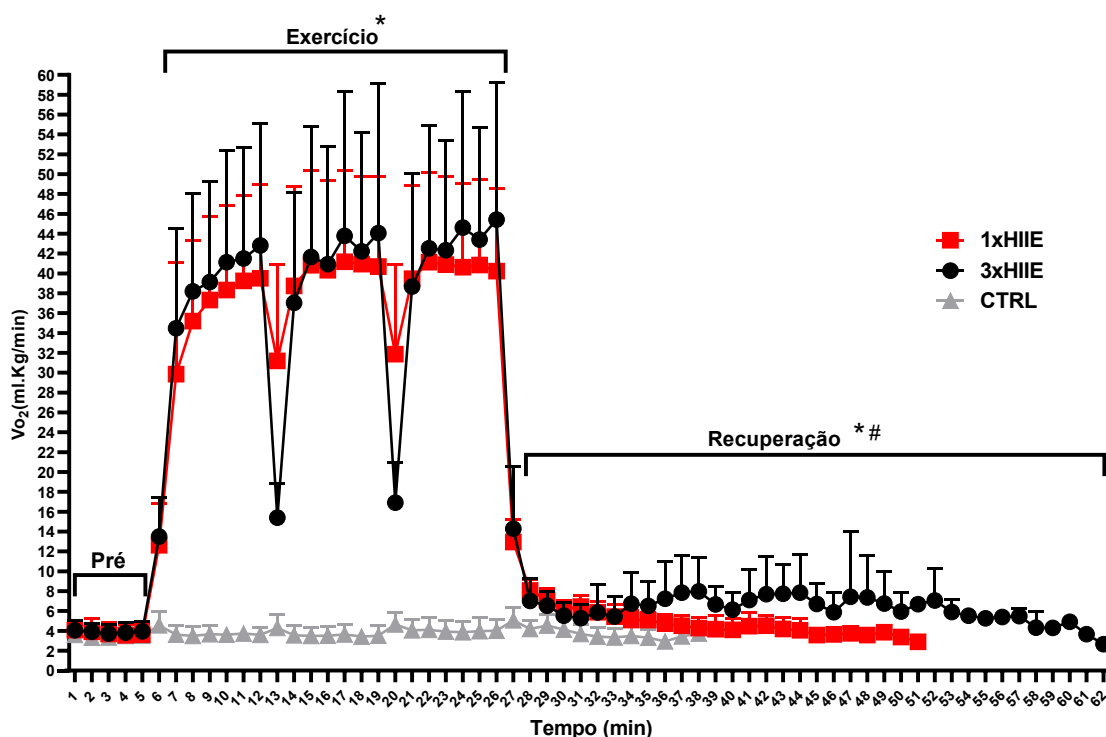


Figura 12. Comportamento do VO_2 durante os protocolos experimentais; CTRL, situação controle __ linha cinza; 1xHIIE, exercício intervalado de alta intensidade sessão única __ linha vermelha; 3xHIIE, exercício intervalado de alta intensidade 3 sessões __ linha preta. Os dados são apresentados em Média \pm DP, desvio padrão; ANOVA *two-way* seguida do teste de *Tukey*, $n=13$; *diferença de CTRL; # diferença entre 1xHIIE e 3xHIIE.

Os dados de DE e EPOC são mostrados na Tabela 3. O DE total foi significativamente maior após o protocolo 3xHIIE em comparação com o protocolo 1xHIIE ($370,1 \pm 79,20$ kcal vs. $331,7 \pm 53,08$ kcal, $t = 3,825$, $p = 0,0024$). Esse efeito foi atribuído a um maior DE durante a fase de recuperação do exercício do protocolo 3xHIIE comparado ao protocolo 1xHIIE ($67,63 \pm 15,09$ vs. $30,71 \pm 8,76$ kcal, $t = 8,477$, $p < 0,0001$), visto que o DE durante o exercício foi semelhante entre os protocolos 3xHIIE e 1xHIIE ($302,44 \pm 72,84$ vs. $301,02 \pm 52,08$ kcal, $t = 0,1620$, $p = 0,87$). O EPOC foi significativamente maior no protocolo 3xHIIE em comparação ao protocolo 1xHIIE ($5,89 \pm 2,04$ vs. $2,59 \pm 1,05$ LO_2 , $t=7,451$, $p < 0,0001$). Além disso, a duração do EPOC também foi significativamente maior no protocolo 3xHIIE em comparação ao protocolo 1xHIIE ($25:07 \pm 5:48$ vs. $12:36 \pm 4:31$ minutos, $t = 6,575$, $p < 0,0001$).

Tabela 3 – VO₂ – consumo de oxigênio durante os protocolos 1xHIIE e 3xHIIE

	1xHIIE		3xHIIE		p	T
	Média	±DP	Média	±DP		
VO ₂ Rep (L/min ⁻¹)	0,29	0,06	0,30	0,05	0,59	0,5526
VO ₂ Total Exercício (LO ₂)	54,35	10,05	54,27	14,09	0,78	0,2738
DE. Exercício (kcal)	301,02	52,08	302,44	72,84	0,87	0,1620
DE. Recuperação (kcal)	30,71	8,76	67,63 [#]	15,09	0,0001	8,477
DET Total (kcal)	331,7	53,08	370,1 [#]	79,20	0,0024	3,825
EPOC (LO ₂)	2,59	1,05	5,89 [#]	2,04	0,0001	7,451
EPOC (kcal)	12,95	5,29	29,45 [#]	10,23	0,0001	7,451
EPOC Magnitude (min)	12:36	04:31	25:07 [#]	05:48	0,0001	6,575

Tabela 3 – VO₂ consumo de oxigênio durante os protocolos 1xHIIE e 3xHIIE. 1xHIIE: protocolo de exercício intervalado de alta intensidade realizado em sessão única. 3xHIIE: protocolo de exercício intervalado de alta intensidade realizado em três sessões mais curtas com intervalo de 4 horas entre as sessões. VO₂: consumo de oxigênio. DE: dispêndio energético em quilocalorias (kcal). EPOC: Excesso de Consumo de Oxigênio Pós-Exercício. Os dados são apresentados como Média ± DP, desvio padrão. Teste *T Student*; n=13. [#]diferença entre 1xHIIE e 3xHIIE. P < 0,05.

A Figura 13 ilustra a FC antes, durante o exercício e após a recuperação do exercício. A FC de repouso foi semelhante entre os protocolos CTRL, 1xHIIE e 3xHIIE (CTRL vs. 1xHIIE p = 0,9643; CTRL vs. 3xHIIE, p = 0,8835). A FC no protocolo CTRL foi semelhante durante todo o período de registro (p > 0,9999). Houve interação significativa entre tempo (efeito tempo, F (21,792) = 136,7, p < 0,0001) e protocolo (efeito grupo, F (2,792) = 4078, p < 0,0001). A análise *post hoc* revelou um aumento significativo na FC do repouso ao exercício em ambos os protocolos de exercício (1xHIIE: 63 ± 7 bpm vs. 142 ± 11 bpm, p < 0,001; 3xHIIE: 64 ± 7 bpm vs. 141 ± 12 bpm, p < 0,0001). A FC foi significativamente maior no protocolo 1xHIIE vs. 3xHIIE do 4º estímulo até o final do protocolo de exercício (p < 0,0001). Somente no protocolo 1xHIIE a FC no 9º estímulo foi maior que no 1º estímulo (p = 0,0016). Durante a recuperação do exercício, a FC foi maior no protocolo 1xHIIE em comparação com o 3xHIIE nos tempos 5' (p = 0,0053), 10' (p = 0,0134) e 15' (p = 0,0347) minutos.

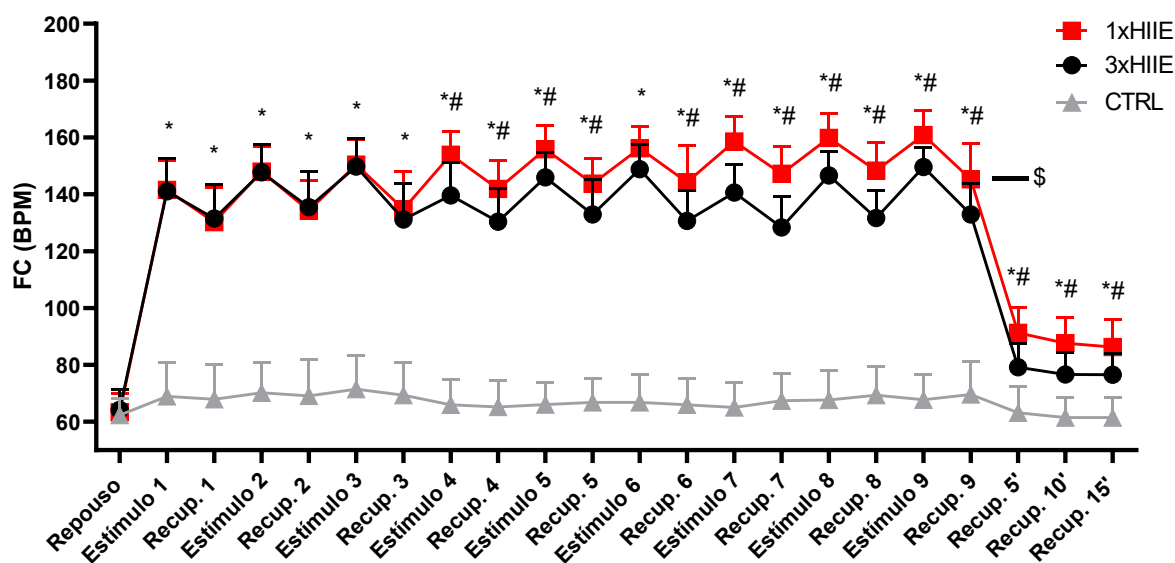


Figura 13. Frequência cardíaca durante os protocolos experimentais. CTRL: protocolo de controle sem exercício. 1xHIIIE: protocolo de exercício intervalado de alta intensidade realizado em sessão única. 3xHIIIE: protocolo de exercício intervalado de alta intensidade realizado em três sessões mais curtas com intervalo de 4 horas entre as sessões. Os dados são apresentados como Média \pm DP, desvio padrão. ANOVA *two-way* seguida do teste de *Tukey*, $n=13$. *diferença de CTRL; #diferença entre 1xHIIIE e 3xHIIIE; \$diferença entre o 1º e 9º estímulo do 1xHIIIE. $P < 0,05$.

A figura 14 mostra o comportamento da pressão arterial (PA) em resposta ao 1xHIIIE e 3xHIIIE. Foi observada interação significativa entre tempo (efeito de tempo, $F(2,12,25,44) = 71,12$, $p < 0,0001$) e protocolo (efeito de grupo, $F(1,85,22,31) = 68,58$, $p < 0,0001$) para a PAS (Figura 14 A). A PAS de repouso foi menor no dia do protocolo controle comparado aos dias dos protocolos 1xHIIIE e 3xHIIIE ($p < 0,0001$). A PAS aumentou durante o exercício em ambos os protocolos 1xHIIIE ($p < 0,0001$) e 3xHIIIE ($p < 0,0001$) e foi maior que na situação CTRL ($p < 0,0001$). A PAS foi maior após 6º estímulo ($p < 0,0001$) no protocolo 1xHIIIE comparado ao 3xHIIIE. Nos estímulos 3º e 9º, a PAS foi similar entre os protocolos 1xHIIIE e 3xHIIIE ($p > 0,05$). A PAS retornou a valores menores que pré-exercício aos 5 minutos da recuperação em ambos os protocolos HIIIE (1xHIIIE $p < 0,05$); (3xHIIIE, $p < 0,05$); (1xHIIIE vs. 3xHIIIE, $p > 0,05$) e, aos 10 minutos da recuperação, a PAS em ambos os protocolos 1xHIIIE e 3xHIIIE foi menor que no momento pré-exercício (1xHIIIE, $p < 0,0001$; 3xHIIIE, $p < 0,0001$) e não houve diferença entre os protocolos HIIIE (1xHIIIE vs. 3xHIIIE, $p > 0,05$).

Foi observada interação significativa entre tempo (efeito de tempo, $F(2,52,32,79) = 4,46$, $p = 0,0134$) e protocolo (efeito de grupo, $F(1,57,19,99) = 10,16$, $p = 0,0018$) para a PAD (Figura 14 B). A PAD de repouso foi menor no dia do protocolo controle comparado ao dia do protocolo 3xHIIIE ($p < 0,0001$) e igual ao protocolo 1xHIIIE ($p > 0,05$). A PAD aumentou durante o exercício após os estímulos 3º e 6º em ambos os protocolos 1xHIIIE ($p < 0,0001$) e 3xHIIIE ($p < 0,0001$), após o estímulo 9º, a PAD foi semelhante a situação pré-exercício no

protocolo 3xHIIE e no HIIE-1X ($p > 0,05$). Ambos os protocolos apresentaram PAD maiores que na situação CTRL durante o exercício ($p < 0,0001$). A PAD não apresentou diferença entre os protocolos durante o exercício ($p > 0,05$). A PAD retornou aos valores pré-exercício aos 5 minutos da recuperação em ambos os protocolos HIIE ($p > 0,05$). Na recuperação de 5 minutos e de 10 minutos a PAD foi maior no 3xHIIE vs. CTRL ($p < 0,0001$) e no 1xHIIE vs. CTRL ($p < 0,01$).

Foi observada interação significativa entre tempo (efeito de tempo, $F(2,28,27,46) = 41,91$, $p < 0,0001$) e protocolo (efeito de grupo, $F(0,955,11,47) = 61,60$, $p < 0,0001$) para a PAM (Figura 14 C). A PAM de repouso foi menor no dia do protocolo controle comparado aos dias dos protocolos 1xHIIE e 3xHIIE ($p < 0,0001$). A PAM aumentou durante o exercício em ambos os protocolos 1xHIIE ($p < 0,0001$) e 3xHIIE ($p < 0,0001$) e foi maior que na situação CTRL sem exercício ($p < 0,0001$). A PAM não apresentou diferença entre os protocolos durante o exercício ($p > 0,05$). A PAM retornou aos valores pré-exercício aos 5 e 10 minutos da recuperação em ambos os protocolos HIIE (1xHIIE vs. CTRL, $p > 0,05$; 3xHIIE vs. CTRL, $p > 0,05$; 1xHIIE vs. 3xHIIE, $p > 0,05$).

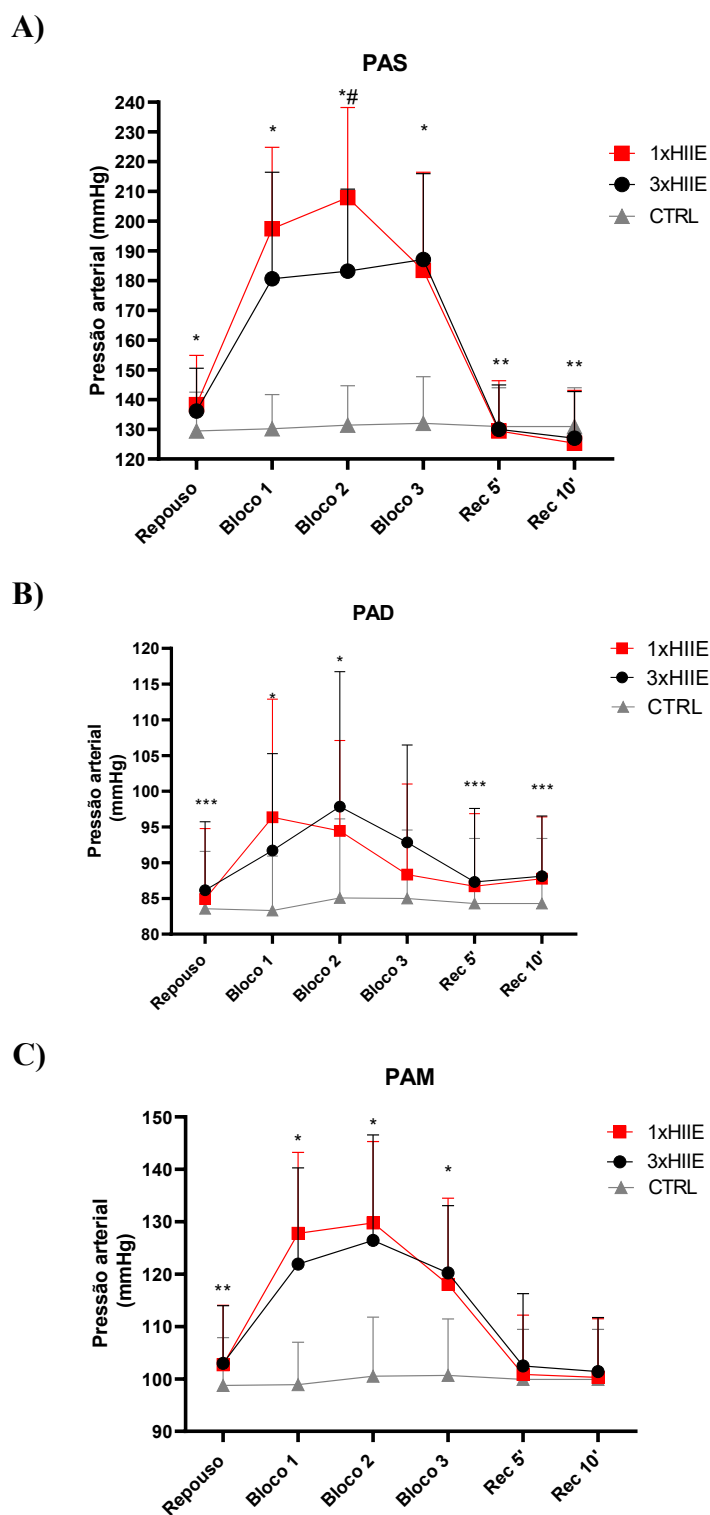


Figura 14. Comportamento da Pressão Arterial (mmHg) durante os protocolos experimentais; PAS, pressão arterial sistólica-A; PAD, pressão arterial diastólica-B; PAM, pressão arterial média-C; Controle, CTRL_ linha cinza; HIIE-1X_ linha vermelha, exercício intervalado de alta intensidade sessão única; HIIE-3X_ linha preta, exercício intervalado de alta intensidade 3 sessões. Os dados são apresentados em Média \pm DP, desvio padrão; ANOVA *two-way* seguida do teste de *Tukey*, $n=13$; * diferença de CTRL; # diferença entre 1xHIIE e 3xHIIE; ** diferença pré-exercício 1xHIIE e 3xHIIE; ***diferença HIIE-3X e CTRL.

A figura 15 ilustra o delta da Pressão Arterial (PA recuperação menos a PA pré-exercício) nos protocolos 1xHIIIE e 3xHIIIE. O delta da PAS (15 A) foi semelhante entre os protocolos HIIIE nos momentos 5 e 10 minutos (1xHIIIE vs. 3xHIIIE, $p > 0,05$). Os deltas tanto da PAD (15 B) quanto da PAM (15 C) não foram diferentes entre os protocolos HIIIE aos 5 e 10 minutos da recuperação ($p > 0,05$).

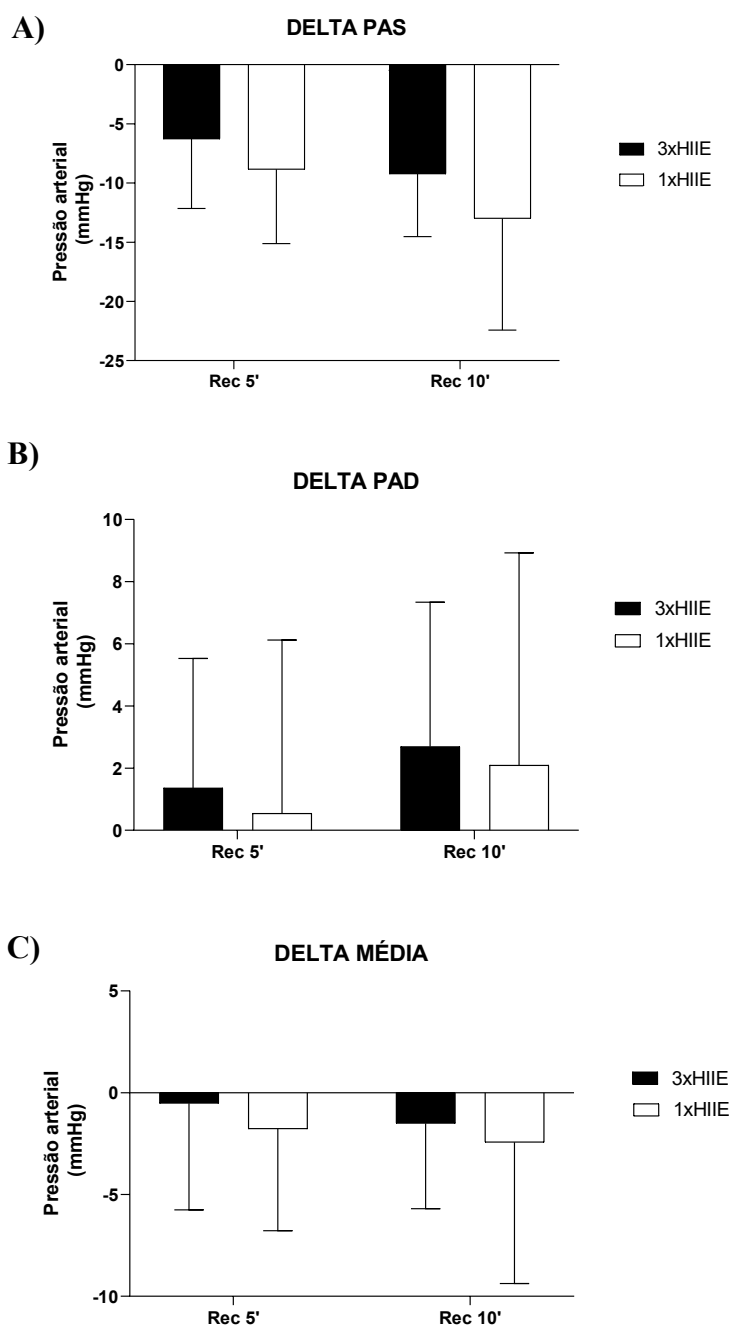


Figura 15. Delta Pressão Arterial (mmHg) após os protocolos 1xHIIIE e 3xHIIIE; PAS, pressão arterial sistólica-A; PAD, pressão arterial diastólica-B; PAM, pressão arterial média-C. 1xHIIIE, exercício intervalado de alta intensidade sessão única; 3xHIIIE, exercício intervalado de alta intensidade 3 sessões. Os dados são apresentados em Média \pm DP, desvio padrão; ANOVA *two-way* seguida do teste de *Tukey*, $n=13$.

A Figura 16 mostra as respostas da percepção subjetiva de esforço (PSE) aos protocolos 1xHIIE e 3xHIIE. Foi observada interação significativa entre tempo (efeito de tempo, $F(8,96) = 29,07$, $p < 0,0001$) e protocolo (efeito de grupo, $F(1,12) = 16,85$, $p = 0,0015$) para PSE. O protocolo 1xHIIE apresentou aumento progressivo da PSE do primeiro ao 9º estímulo ($p < 0,0001$). Em contrapartida, o protocolo 3xHIIE apresentou aumento progressivo semelhante na PSE, mas apenas do primeiro para o 3º estímulo ($p < 0,0001$), correspondente ao último estímulo de cada uma das três sessões. Além disso, não foi observada diferença significativa na PSE entre as três sessões do protocolo 3xHIIE ($p > 0,9999$). Ao comparar a PSE entre os protocolos 1xHIIE e 3xHIIE (considerando um total de 9 estímulos), constatou-se que do 4º ao 9º estímulo, a PSE no protocolo 1xHIIE foi significativamente maior que no protocolo 3xHIIE ($p < 0,005$).

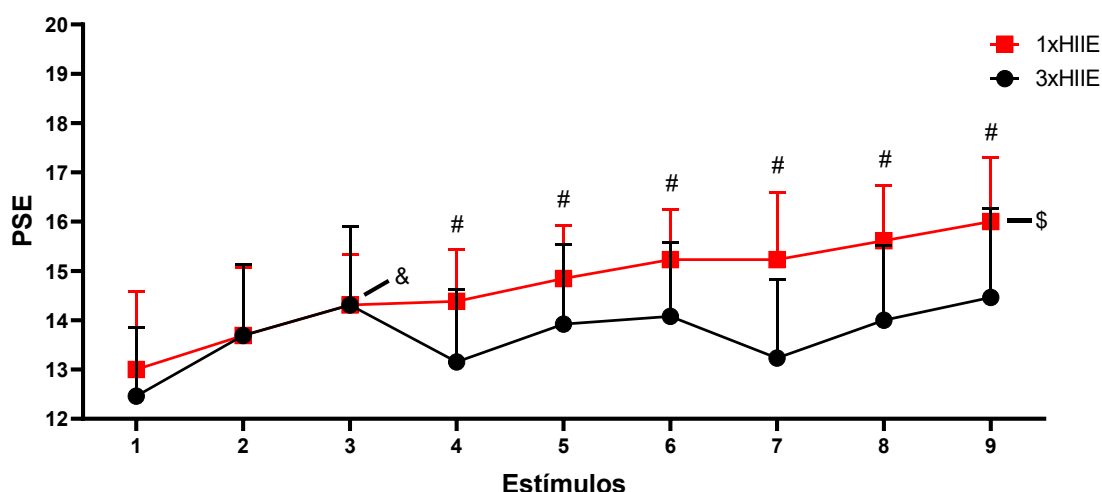


Figura 16. Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) em resposta aos protocolos experimentais. 1xHIIE: protocolo de exercício intervalado de alta intensidade realizado em sessão única. 3xHIIE: protocolo de exercício intervalado de alta intensidade realizado em três sessões mais curtas com intervalo de 4 horas entre as sessões. Os dados são apresentados como Média \pm DP, desvio padrão ANOVA *two-way* seguida do teste de *Tukey*, $n=13$. #diferença entre 1xHIIE e 3xHIIE; \$diferença entre os estímulos 1º e 9º do 1xHIIE; &diferença entre o estímulo 1 3xHIIE e o estímulo 3.

As respostas de lactato sanguíneo são apresentadas na Figura 17. O lactato sanguíneo médio imediatamente após cada uma das três sessões do protocolo 3xHIIE foi significativamente menor que o lactato sanguíneo imediatamente após a sessão do protocolo 1xHIIE (efeito de grupo, $F(3,36) = 36,26$, $p < 0,0001$).

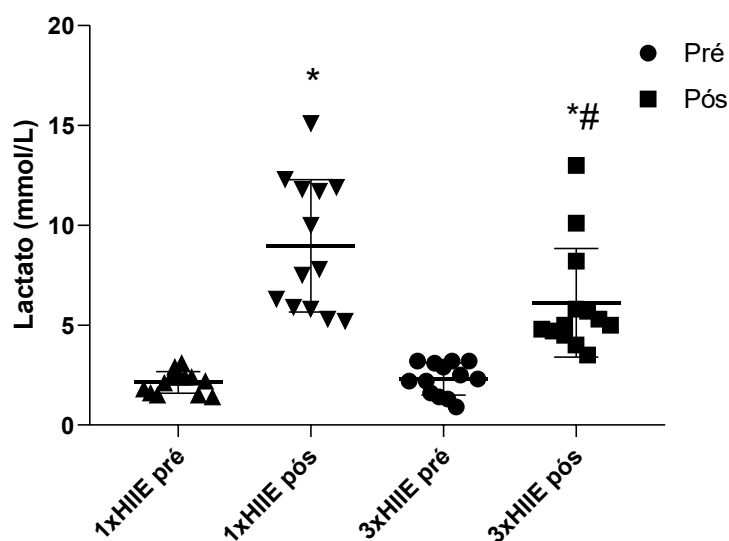


Figura 17. Lactato sanguíneo pré e pós aos protocolos 1xHIE e 3xHIE. 1xHIE: protocolo de exercício intervalado de alta intensidade realizado em sessão única. 3xHIE: protocolo de exercício intervalado de alta intensidade realizado em três sessões mais curtas com intervalo de 4 horas entre as sessões. Os dados são apresentados como Média \pm DP, desvio padrão. ANOVA *one-way* seguida do teste de *Tukey*, $n=13$. *diferença Pré e Pós; #diferença entre 1xHIE e 3xHIE. $P < 0,05$.

O resultado da escala de prazer durante o exercício é apresentado na Figura 18. Não houve diferença na escala de prazer ao final dos 3 blocos de exercício nos protocolos 1xHIE e 3xHIE ($p > 0,05$). Também não houve diferença na escala de prazer entre os protocolos HIEE ($p > 0,05$).

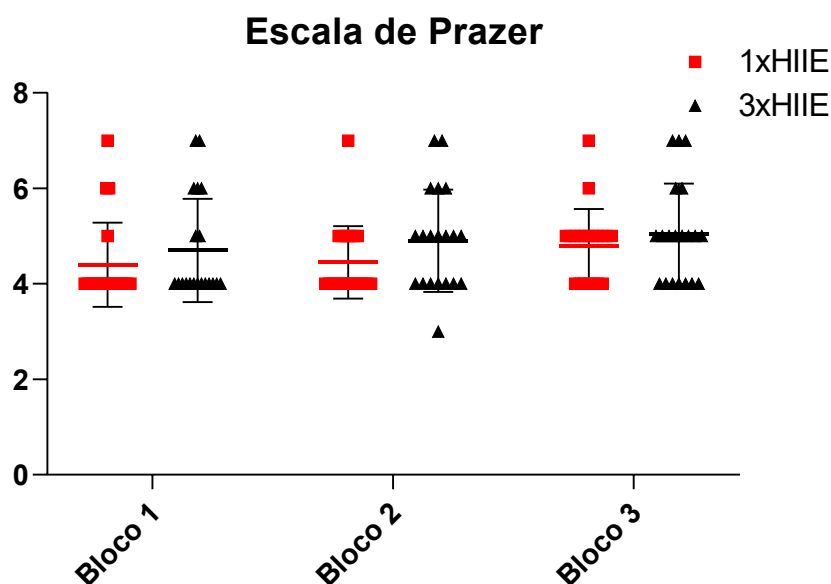


Figura 18. Escala de prazer do exercício de 1-7; 1xHIE, exercício intervalado de alta intensidade sessão única; 3xHIE, exercício intervalado de alta intensidade 3 sessões. Os dados são apresentados em Média \pm DP, desvio padrão; ANOVA *two-way* seguida do teste de *Tukey*, $n=13$.

5.4 Discussão

O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos agudos de um protocolo HIIE realizado em uma única sessão 1xHIIE ou em três sessões mais curtas 3xHIIE sobre o EPOC, dispêndio energético (DE), respostas cardiometabólicas e percepção de esforço. As principais descobertas foram que a divisão do protocolo HIIE em três sessões de 7 minutos produziu maior DE total com menos esforço percebido em comparação com uma única sessão de 21 minutos. Como esperado, os protocolos 3xHIIE e 1xHIIE induziram DE semelhante durante o exercício, mas o DE durante o período de recuperação foi quase duas vezes maior no protocolo 3xHIIE em comparação com o protocolo 1xHIIE. Além disso, a FC, a PAS e os níveis de lactato sanguíneo e as respostas da PSE foram menores durante o protocolo 3xHIIE em comparação com o protocolo 1xHIIE. Estas descobertas fornecem evidências de uma forma eficaz de aumentar o dispêndio total de energia com menos esforço percebido quando o HIIE é distribuído por vários períodos curtos.

Confirmando nossa hipótese, o EPOC foi significativamente maior no protocolo 3xHIIE em comparação ao protocolo 1xHIIE, apesar do $\dot{V}O_2$ semelhante durante os protocolos de exercício. Conseqüentemente, o protocolo 3xHIIE resultou em um gasto energético calculado significativamente maior, aproximadamente 40 kcal maior que o protocolo 1xHIIE. Embora alguns possam argumentar que uma diferença de 40 kcal no gasto energético entre os protocolos 3xHIIE e 1xHIIE possa não ter significado clínico, as evidências sugerem o contrário. Um estudo abrangente utilizando dados de pesquisas nacionais realizadas entre 1988 e 2000 revelou que um déficit calórico diário de 50 kcal poderia prevenir o ganho de peso em 90% dos adultos (Hill *et al.*, 2003). Assim, extrapolar o gasto energético diário superior de aproximadamente 40 kcal do protocolo 3xHIIE durante várias semanas, meses ou anos poderia levar a um gasto energético cumulativo significativamente maior. Este efeito cumulativo tem potencial para um impacto significativo no controle do peso corporal, particularmente entre indivíduos de meia-idade.

Em nossos estudos anteriores em animais de laboratório, demonstramos que ambos os protocolos MICT (Costa-Pereira *et al.*, 2017) e HIIT (Mendes *et al.*, 2022), quando realizados com três sessões mais curtas ao longo do dia, resultaram em reduções mais significativas na gordura corporal, gordura visceral e tamanho dos adipócitos em comparação com os mesmos protocolos de treinamento físico realizados em uma única sessão diária mais longa. É importante ressaltar que esses resultados foram obtidos independentemente da ingestão calórica. Neste contexto, Murphy *et al.*, (2019) especularam que pequenos aumentos no metabolismo que ocorrem após duas ou mais sessões diárias de exercício podem levar a uma

magnitude de EPOC mais elevada em comparação com uma única sessão diária de exercício. Embora no presente estudo tenhamos medido essa resposta para um único dia (efeito agudo), especulamos que ela pode ser benéfica na redução da gordura corporal por um período prolongado (efeito crônico). Mais estudos realizados em humanos são necessários para investigar os efeitos a longo prazo desta resposta durante um programa de treinamento físico.

Além do maior EPOC, o protocolo 3xHIIE provocou menores respostas cardiometabólicas agudas e percepção de esforço em comparação ao 1xHIIE, apesar da mesma carga de trabalho e duração, incluindo aquecimento e recuperação ativa. Isso é evidenciado pela menor FC, níveis de lactato sanguíneo, PAS e PSE em resposta ao protocolo 3xHIIE em comparação ao 1xHIIE. Não está claro o efeito que esta exposição cumulativa a respostas cardiometabólicas mais baixas e esforço percebido induzido com 3xHIIE em comparação com 1xHIIE terá nos principais parâmetros de saúde, como aptidão cardiorrespiratória e adaptações de saúde cardiometabólica. Apesar das diferenças nos distúrbios agudos induzidos pelos dois protocolos, está bem estabelecido que a atividade física intermitente de intensidade vigorosa está associada a menor mortalidade e eventos cardiovasculares adversos importantes entre adultos que não praticam exercício habitualmente (Jones *et al.*, 2024).

É importante reconhecer as limitações do presente estudo. Nossos resultados são aplicáveis a homens de meia-idade recreativamente ativos. Embora não fosse nossa intenção limitar a amostra aos homens, nenhuma mulher que atendesse aos critérios de inclusão pôde participar do estudo. Embora o uso de indivíduos recreativamente ativos possa ser visto como uma limitação, gostaríamos de destacar que independente dos níveis de atividade física, o comportamento sedentário aumenta o risco de diversas doenças, como doenças cardiovasculares (de Rezende *et al.*, 2014) e diabetes mellitus tipo 2 (Wilmot *et al.*, 2012). Além disso, empregamos dois métodos para estabelecer o término do EPOC como critério para interrupção do $\dot{V}O_2$ durante a recuperação do exercício. Esses métodos recomendam interromper o registro após o $\dot{V}O_2$ retornar aos valores de repouso por 5 minutos consecutivos e quando os valores de $\dot{V}O_2$ caírem dentro de 1 desvio padrão do $\dot{V}O_2$ de repouso por dois minutos consecutivos. Usando esses critérios estabelecidos, o EPOC no presente estudo durou de 7 a 35 minutos. Portanto, não podemos descartar a possibilidade de um efeito prolongado no EPOC após este período, nem podemos saber se existiram diferenças entre os protocolos HIIE. Assim, estudos futuros nesta área devem focar na medição do EPOC por períodos maiores (por exemplo, > 1 h) para obter uma melhor compreensão do EPOC em resposta aos protocolos 1xHIIE e 3xHIIE.

O presente estudo também tem múltiplos pontos fortes. Primeiro, este é o primeiro ensaio clínico randomizado cruzado a comparar as respostas de DE e cardiometabólicas usando uma única sessão *versus* três sessões mais curtas de um protocolo HIIIE. Em segundo lugar, monitoramos cuidadosamente vários potenciais fatores de confusão que poderiam interferir nos resultados do estudo, incluindo a quantidade e qualidade do sono, o consumo de alimentos e os níveis de atividade física. É importante ressaltar que todas essas variáveis foram registradas 24-48h, em 2 dias antes das sessões experimentais e também nos dias experimentais e não foram observadas diferenças nessas variáveis entre os protocolos. Por fim, enfatizamos a adição do protocolo CTRL sem exercício, que foi realizado nos mesmos horários do dia das sessões 3xHIIIE para minimizar possíveis interferências dos ritmos circadianos e da ingestão alimentar.

Em resumo, nossas descobertas demonstram coletivamente que dividir um HIIIE em sessões mais curtas ao longo do dia resulta em maior dispêndio energético com redução do esforço cardiometabólico e percebido em indivíduos de meia-idade. Portanto, múltiplas sessões de HIIIE poderiam facilitar o controle do peso corporal, bem como reduzir o comportamento sedentário.

6. ESTUDO II

Título: Múltiplas sessões de exercícios intervalados de alta intensidade e baixo volume durante o dia ou uma sessão única mais longa não modificam a sensibilidade insulínica no dia seguinte em indivíduos de meia idade - um ensaio clínico cruzado e randomizado.

6.1 Resumo

Efeitos benéficos do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) na ação da insulina foram consistentemente comprovados nas últimas décadas. Este ensaio clínico randomizado e cruzado foi desenhado para comparar as respostas agudas de uma única sessão (1xHIIE) *versus* três sessões mais curtas (3xHIIE) com intervalo de 4 horas entre as sessões sobre a ação da insulina em indivíduos de meia-idade. Vinte participantes do sexo masculino (idade $48 \pm 2,76$ anos) completaram dois protocolos experimentais: o protocolo 1xHIIE consistiu em uma única sessão de 21 minutos, enquanto o protocolo 3xHIIE consistiu em três sessões mais curtas de 7 minutos separadas por intervalo de 4 horas entre cada sessão. Um teste de tolerância oral à glicose (TOTG) foi realizado no dia posterior aos protocolos experimentais após aproximadamente 14 horas. A partir do teste foram verificados a glicemia e insulina basal e calculados índices de sensibilidade à insulina a partir do TOTG. As sessões 1xHIIE e 3xHIIE não induziram efeitos diferentes na glicemia e insulina de jejum em relação ao protocolo controle (CTRL), ($p \geq 0,05$). Da mesma forma, todos os índices de sensibilidades à insulina (ISi), não apresentaram diferenças entre os protocolos e nem diferença da situação controle ($p \geq 0,05$). Esses achados sugerem que o nível de condicionamento físico dos participantes, ou o baixo volume de exercício ou o tempo de coleta sanguíneas após o exercício, não foram capazes de provocar um efeito prolongado na SI após 14 horas da sessão de exercício em indivíduos do sexo masculino de meia-idade.

Palavras-chave: Sensibilidade à insulina; Exercício Acumulado, Exercício intervalado de alta intensidade

6.2 Introdução

As doenças não transmissíveis (DNT) são inequivocadamente a principal causa de morte a nível mundial, com impactos econômicos e sociais significativos. O diabetes afeta aproximadamente 422 milhões de pessoas em todo o mundo, residindo a maioria em países de baixa e média renda. O diabetes é diretamente responsável por 1,5 milhão de mortes a cada ano, e os casos e a prevalência de diabetes têm aumentado constantemente nas últimas décadas (OMS, 2023).

Os efeitos benéficos do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) na ação da insulina foram consistentemente comprovados nas últimas décadas (Batacan *et al.*, 2015; Jelleyman *et al.*, 2015; Matteo-Gallego *et al.*, 2022). Nos últimos anos, estudos também comprovaram que uma única sessão de HIIT pode melhorar a ação da insulina, que pode durar até 72 horas (DiMenna e Aradf, 2021). A incorporação de sessões curtas de treinamento intervalado de alta intensidade ao longo do dia (denominado HIIT Acumulado) foi proposta como uma abordagem altamente eficaz e eficiente em termos de tempo para melhorar a adesão ao exercício e a saúde geral (Islam *et al.*, 2022). François *et al.*, (2014) mostraram que indivíduos com resistência à insulina melhoraram o controle glicêmico realizando breves períodos de exercícios intensos antes das refeições principais.

Em estudos recentes, comparamos os efeitos de oito semanas de treinamento contínuo de intensidade moderada MICT (Costa-Pereira *et al.*, 2017) e HIIT (Mendes *et al.*, 2022) na saúde cardiometabólica e nas respostas adaptativas celulares de ratos jovens saudáveis. Nossas descobertas demonstraram que tanto a sessão única diária quanto as três sessões diárias de MICT resultaram em melhorias semelhantes na homeostase glicêmica. Ambos os protocolos HIIT também melhoraram significativamente a homeostase glicêmica dos ratos. No entanto, descobrimos que a realização do HIIT com três sessões diárias mais curtas teve um efeito superior na homeostase glicêmica em comparação com sessões únicas diárias. Vale ressaltar que apenas o HIIT realizado com três sessões diárias mais curtas melhorou a sensibilidade à insulina dos ratos.

Incorporar múltiplas sessões curtas de exercício intervalado de alta intensidade (HIIE) com duração de 10 minutos ou menos ao longo do dia pode ser uma estratégia viável em um cenário do mundo real. Por exemplo, pequenos períodos de exercício podem ser incorporados durante pequenos intervalos no local de trabalho, o que pode ser altamente eficaz para melhorar a saúde e prevenir doenças cardiometabólicas. Até onde sabemos, nenhum estudo anterior comparou as respostas agudas de uma única sessão *versus* três sessões mais curtas de

um exercício intervalado de alta intensidade ao longo do dia sobre a ação da insulina em indivíduos adultos.

No presente estudo, realizamos um ensaio clínico cruzado randomizado para comparar as respostas agudas de uma única sessão *versus* três sessões mais curtas com intervalo de 4 horas entre as sessões sobre a sensibilidade à insulina em indivíduos de meia-idade.

6.3 Resultados

A Tabela 4 mostra as características dos participantes, incluindo idade, características físicas, $\dot{V}O_{2\max}$, taxa metabólica de repouso estimada e pico de potência durante o teste de esforço máximo.

Tabela 4 – Características dos participantes – Estudo II

	Média	±DP
Idade (anos)	48	2,76
Altura (m)	1,75	0,06
Peso (kg)	78,6	12,69
IMC (kg/m²)	25,68	3,05
MGO (%)	18,4	6,35
MM (%)	57	9,08
TMR (kcal)	1417,34	177,08
VO_{2max} (ml.Kg⁻¹.min⁻¹)	47,29	7,71
PPO (W)	245	43,9

Tabela 4 – Características dos participantes: IMC – índice de massa corpora; MGO – massa gorda; MM – massa muscular; TMR – Taxa metabólica de repouso; $\dot{V}O_{2\max}$ consumo máximo de oxigênio; PPO – pico de potência; W - Watts; Dados apresentados em média ± SD; (n = 20).

A Figura 19 mostra as respostas para a glicose (Figura 19A) e insulina (Figura 19B) durante o TOTG. Os resultados da glicemia e insulina foram semelhantes entre os protocolos CTRL, 1xHIIE e 3xHIIE em todos os cinco pontos do TOTG ($p \geq 0,05$).

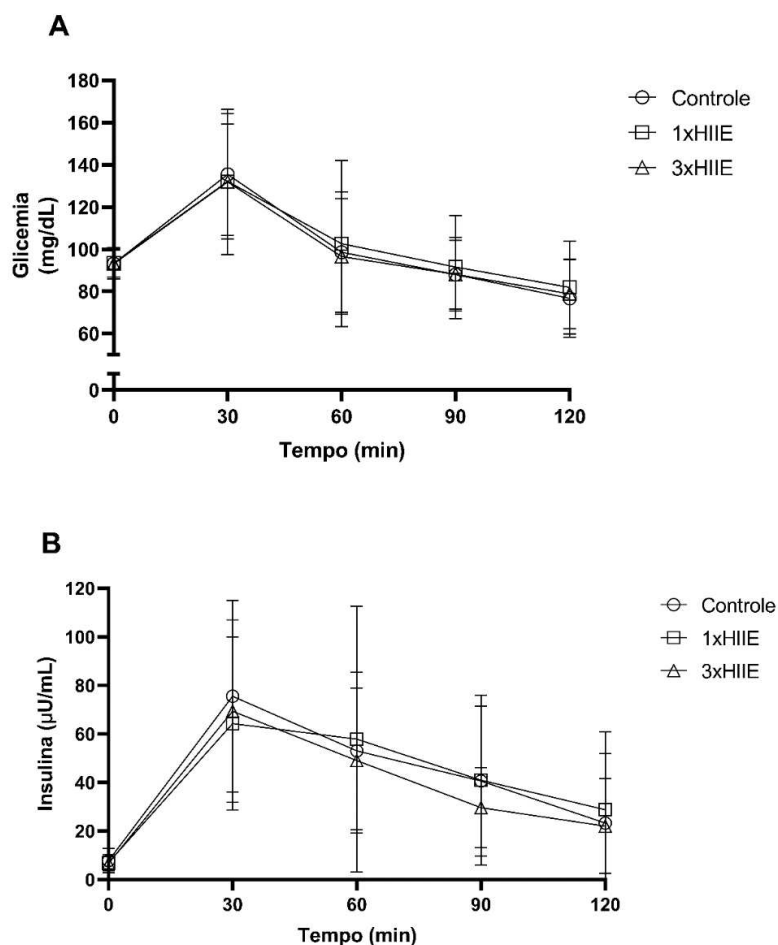


Figura 19. Resposta para glicose e insulina no Teste Oral de Tolerância à Glicose (TOTG); A – Glicose 0 – 120 minutos; B – Insulina 0 – 120 minutos. Dados apresentados em média \pm DP, desvio padrão; (n = 20).

A Figura 20 demonstra as áreas sob as curvas (AUC) da glicose (Figura 20A) e da insulina (Figura 20 B) e os índices de sensibilidade à insulina (ISi) derivados do TOTG (Figura 20 C-I). Nas AUC não houve interação significativa entre os protocolos CTRL, 1xHIIE e 3xHIIE (efeito de grupo, $F(1,894, 35,03) = 0,295$, $p = 0,73$) para a glicose e nem para a insulina (efeito de grupo, $F(1,619, 29,96) = 0,2115$, $p = 0,76$). Todos os ISi também foram semelhantes entre os protocolos CTRL, 1xHIIE e 3xHIIE; (Figura 20C, HOMA-IR, efeito de grupo, $F(1,431, 26,46) = 0,423$, $p = 0,59$), ISi Matsuda (Figura 20D, efeito de grupo, $F(1,583, 29,28) = 0,251$, $p = 0,72$), ISi Cederholm (Figura 20E, efeito de grupo, $F(1,602, 29,28) = 0,154$, $p = 0,81$), mISI (Figura 20F, efeito de grupo, $F(1,663, 30,76) = 0,540$, $p = 0,55$), ISi Gutt (Figura 20G, efeito de grupo, $F(1,759, 32,54) = 0,113$, $p = 0,86$), ISi Avignon (Figura 20H, efeito de grupo, $F(1,913, 35,38) = 0,032$, $p = 0,96$), ISi Stumvoll (Figura 20I, efeito de grupo, $F(1,493, 27,62) = 0,438$, $p = 0,59$). Mesmo utilizando parâmetros diferentes do TOTG para estimar a sensibilidade à insulina, os resultados não apresentaram diferenças entre os protocolos.

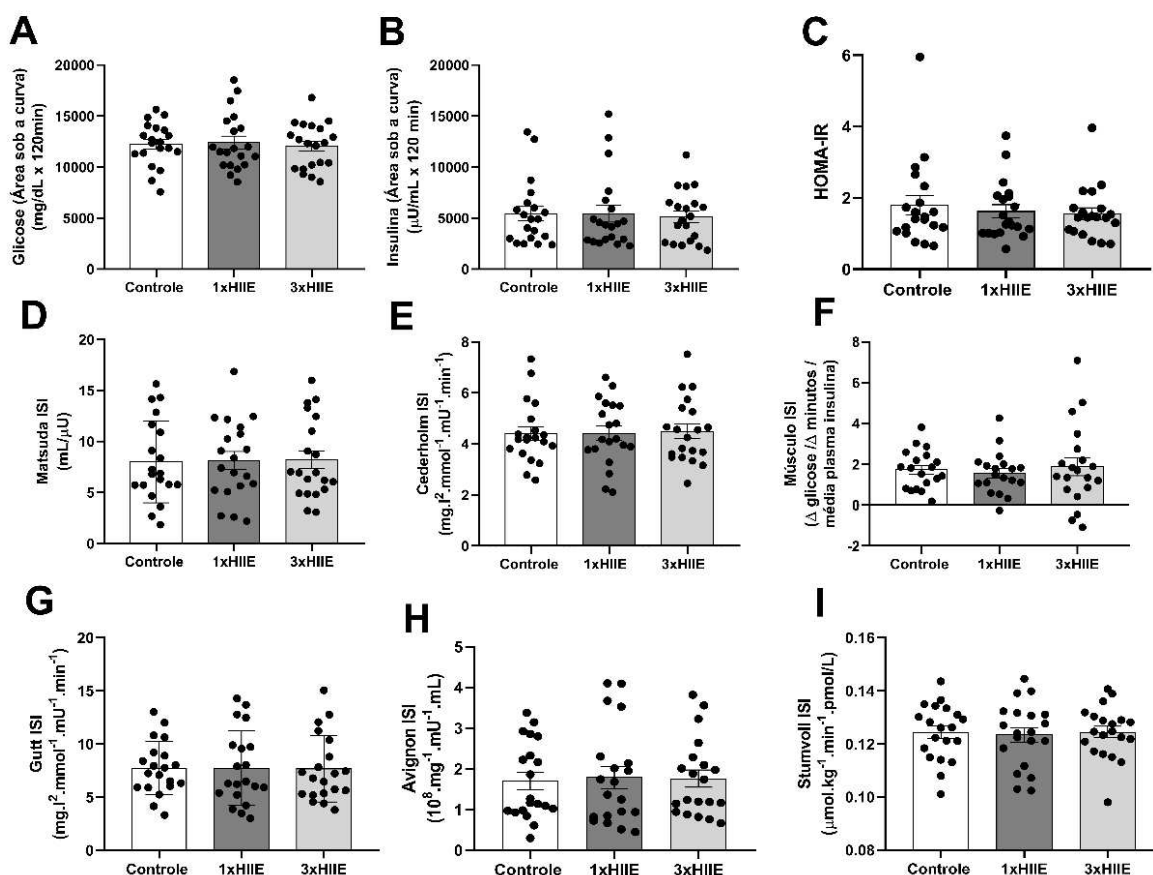


Figura 20. A – Área sob a curva glicose; B – Área sob curva insulina; C – Índice HOMA-IR; D – ISi de Matsuda; E - ISi de Cederholm; F - ISi muscular; G – ISi de Gutt; H – ISi Avignon; I – ISi de Stumvoll. Os dados são apresentados em Média \pm DP, desvio padrão; ANOVA *one-way* seguida do teste de *Tukey*, $n=20$.

6.4 Discussão

No presente estudo, realizamos um ensaio clínico cruzado randomizado para comparar as respostas agudas de uma única sessão *versus* três sessões mais curtas com intervalo de 4 horas entre as sessões, sobre a sensibilidade à insulina (SI) em indivíduos de meia-idade. Não encontramos efeito entre os dois protocolos de exercício e nem em relação à situação controle, após aproximadamente 14h das sessões de exercício, sobre a SI.

Estudos demonstram que o exercício agudo melhora a sinalização insulínica e a captação de glicose no músculo esquelético (Lin *et al.*, 2015; Iaccarino *et al.*, 2021;), e o efeito do exercício na SI pode gerar um efeito agudo prolongado que pode durar até 72 horas (DiMenna e Arad, 2021). Além disso, deve-se considerar a possibilidade de prescrever exercícios que possam proporcionar um efeito prolongado na SI, o que pode servir como uma defesa de primeira linha antes da intervenção farmacêutica, ou como um complemento potencial na prevenção e tratamento do diabetes (DiMenna e Arad, 2021), bem como uma forma de controlar determinantes prognósticos para o diabetes (Iaccarino *et al.*, 2021).

Utilizamos o cálculo de índices derivados do Teste Oral de Tolerância à Glicose (TOTG) para avaliar a SI (Patarrão *et al.*, 2014; Rocha Silva *et al.*, 2023), visto que o padrão-ouro, o *clamp* euglicêmico (EHC), é um procedimento invasivo e caro, e os índices baseados no TOTG apresentam boa correlação com o EHC (Monzillo e Hamdy, 2003). De maneira geral, observamos nos resultados picos nos valores de glicose e insulina aos 30 minutos de medição, seguidos por uma diminuição constante até os 120 minutos de medição. Quanto menor o pico de glicose e mais rápida a diminuição após o pico, melhor o resultado indicativo de adaptação (geralmente associado à captação de glicose no músculo esquelético) (Rocha Silva *et al.*, 2023). Para a insulina, valores mais baixos indicam que menos insulina é necessária para ser liberada pelas células beta pancreáticas para o controle da glicemia (Rocha Silva *et al.*, 2023).

Neste estudo, os indivíduos eram recreativamente ativos e aparentemente saudáveis, como pode ser verificado pelos valores do VO_{2max} , IMC e pelos resultados basais de glicose e insulina, além do comportamento esperado do TOTG. Os índices de Sensibilidade à Insulina (ISI) baseados no TOTG, mesmo utilizando parâmetros diferentes do TOTG para estimar a SI, não apresentaram diferenças entre os protocolos de exercício e nem em relação à situação controle. No entanto, existem possíveis explicações para não termos encontrado efeitos dos protocolos de exercício na SI, aproximadamente 14 horas após as sessões.

Primeiramente, o tempo de coleta de sangue para análise da SI foi de aproximadamente 14 horas após as sessões de exercício. Steenberg *et al.*, (2019) trabalharam com homens saudáveis realizando exercícios extensores de joelho na mesma intensidade relativa antes e depois de 12 semanas de treinamento, e observaram uma maior SI (medida pelo *clamp* euglicêmico) 4-6 horas após o exercício no estado treinado em comparação com o estado não treinado. Eles indicaram que a capacidade do exercício agudo de aumentar a captação de glicose estimulada por insulina é reduzida no estado treinado.

No nosso estudo, o tempo de coleta de sangue para análise da SI foi de aproximadamente 14 horas, não indicando efeito do exercício nesse período. No entanto, pode ter ocorrido um efeito do exercício na SI, mas de menor duração, o que não pôde ser determinado devido à metodologia do tempo para a coleta.

Outro ponto indicado por Steenberg *et al.*, (2019) é o estado de treinamento, sugerindo que um limite superior de sensibilidade muscular à insulina é obtido no músculo treinado, deixando apenas pouco ou nenhum efeito adicional de uma única sessão de exercício nesses indivíduos. Além disso, um artigo de revisão sobre o Excesso de Consumo de Oxigênio Pós-exercício (EPOC) indicou que indivíduos treinados e condicionados têm um retorno mais rápido do metabolismo para níveis de repouso após o exercício (Borsheim e Bahr, 2003). Nesse

mesmo sentido, evidências robustas demonstram que um maior nível de atividade física confere maior proteção contra o risco de desenvolver diabetes tipo 2, ou seja, uma maior probabilidade de apresentar melhor SI. Uma análise do *Finnish Diabetes Prevention Study* demonstrou uma redução adicional do risco relativo de diabetes em 63–65% naqueles indivíduos que aumentaram seu nível de atividade física de moderada para vigorosa ou extenuante durante um período de acompanhamento de 4,1 anos (Laaksonen *et al.*, 2005).

No nosso estudo, trabalhamos com indivíduos condicionados fisicamente, conforme indicado pelo VO_{2max} , e que mantêm um nível de atividade física/treinamento regular ao longo do tempo, o que pode explicar porque os protocolos de treinamento não apresentaram efeito na SI após aproximadamente 14 horas da sessão de exercício.

Um terceiro motivo para não apresentar efeito do exercício na SI, após cerca de 14 horas, diz respeito ao volume do exercício. Utilizamos os protocolos de baixo volume e alta intensidade, com base em um primeiro estudo do grupo, para verificar o gasto energético de uma sessão de exercício (primeiro estudo desta tese) e objetivamos verificar se esse protocolo exerceria efeito agudo sobre a SI. Conforme mencionado acima, pode ser que tenha ocorrido efeito na SI, mas em tempo menor, pois, de acordo com alguns estudos, é necessário um volume maior de exercício para encontrar efeitos agudos mais prolongados na SI. Por exemplo, Brestoff *et al.*, (2009) descobriram que o SIT não provocou alteração na SI (TOTG; ISi-HOMA) em um protocolo de ciclismo contínuo em indivíduos recreativamente ativos (12–16 horas) após completar cinco sprints de 30 segundos máximos separados por 240–300 segundos, enquanto um sprint a 70–100% apresentou aumento na SI após 45 minutos de ciclismo a aproximadamente 75% do VO_{2max} . No entanto, Metcalfe *et al.*, (2016) descobriram que o SIT de esforço reduzido (dois sprints de 20 segundos separados por 200 segundos) também não induziu efeito prolongado na SI, assim como o protocolo de exercício contínuo (45 minutos a aproximadamente 75% do VO_{2max}) cerca de 12 horas após a sessão de exercício (ISi de Cederholm). Trabalhando com homens jovens, saudáveis, não obesos e destreinados, Ortega *et al.*, (2015) descobriram que os indivíduos experimentaram melhora na SI 48 horas após um ciclo contínuo de pernas que exigia aproximadamente 570 kcal, independentemente de ter sido realizado a cerca de 46% do VO_{2pico} por 60 minutos ou a cerca de 77% do VO_{2pico} por aproximadamente 35 minutos. Assim, nosso estudo colabora com os trabalhos de Brestoff *et al.*, e Metcalfe *et al.*, quanto à intensidade e baixo volume, que não apresentaram alterações na SI após cerca de 12 horas da sessão de exercício, e acrescentando o estudo de Ortega *et al.*, é necessário um maior volume de exercício para provocar um efeito prolongado da SI após uma única sessão de exercício. Ademais, um trabalho de revisão (De DiMenna e Arad, 2021) indica

que indivíduos com menor SI se beneficiam mais do efeito prolongado da SI após uma sessão aguda de exercício. Isso pode sustentar a ausência de efeito agudo do exercício em nosso estudo, por termos trabalhado com indivíduos que apresentavam níveis basais de glicose e insulina dentro de padrões esperados e eram bem condicionados fisicamente.

Em conclusão, este estudo não encontrou efeitos dos protocolos de exercício 3xHIIIE e 1xHIIIE sobre a SI após cerca de 14 horas da sessão de exercício em indivíduos de meia-idade recreacionalmente ativos. Presume-se que isso tenha ocorrido devido ao tempo de coleta após as sessões de exercício, ao nível de condicionamento físico dos indivíduos e ao baixo volume dos protocolos de exercício, não sendo encontrados efeitos na SI. No entanto, vale ressaltar que os protocolos de exercício podem ter ocasionado algum efeito, mas de menor duração em relação ao período de aproximadamente 14 horas da coleta de sangue. É importante destacar também que verificar o comprometimento na SI é relevante devido ao desenvolvimento da resistência à insulina, que, por sua vez, é um dos fatores responsáveis pelo aumento do risco cardiovascular (Iaccarino *et al.*, 2021). Apesar de não ter sido demonstrado um efeito agudo do exercício na SI, este estudo ajuda a indicar que mais pesquisas com volumes e intensidades diferentes, realizadas em sessão única ou acumulada, com indivíduos de diferentes faixas etárias e níveis de condicionamento físico, além de outros tempos de coleta, são necessários para verificar possíveis formas de produzir efeitos mais prolongados na SI após uma sessão aguda de exercício.

7. RESUMO RESULTADOS

A tabela 5 mostra um quadro resumo dos principais resultados do trabalho.

Variável	1xHIIE	*	3xHIIE
VO₂ exercício		==	
DE exercício		==	
VO₂ EPOC			+
DE EPOC			+
Tempo EPOC			+
DE total			+
FC	+		
PSE	+		
Lactato	+		
PAS	+		
PAD		==	
PAM		==	
Escala de Prazer		==	
ISi		==	

Tabela 5. Resumo dos resultados. VO₂, consumo de oxigênio; DE, dispêndio energético; EPOC, consumo de oxigênio pós exercício; FC, frequência cardíaca; PSE, percepção subjetiva de esforço; PAS, pressão arterial sistólica; PAD, pressão arterial diastólica; PAM, pressão arterial média; ISi, índice de sensibilidade à insulina.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conjunto, os resultados deste trabalho mostraram que o 3xHIIE provoca um maior dispêndio energético que o 1xHIIE; a resposta cardiovascular ao exercício é maior durante a realização do 1xHIIE; ambos os protocolos geraram prazer pelo exercício semelhantes; e não há alterações dos protocolos de exercício sobre a SI na manhã seguinte, após aproximadamente 14h à sessão de exercício.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdul-Ghani, M.A.; Matsuda, M.; Balas, B.; DeFronzo, R.A. Muscle and Liver Insulin Resistance Indexes Derived From the Oral Glucose Tolerance Test. **Diabetes Care**. 30 (1), 89–94, (2007). Disponível em: doi: 10.2337/dc06-1519. Acesso em: 20 dez. 2023.

Allegretti João, G.; Rodriguez, D.; Tavares, L.D.; Carvas Júnior, N.; Pontes Júnior, F.L.; Rica, R.L.; Bocalin, D.S.; Baker, J.S.; Figueira Júnior, A. Efeito Do Treinamento Intervalado De Alta Intensidade Sobre o Consumo De Oxigênio Depois Do Exercício: Metanálise. **Rev Bras Med Esporte**. Vol.29 – e2021_000; 2023.

Allison M.K.; Baglole J.H.; Martin B.J.; MacInnis M.J.; Gurd B.J.; Gibala M.J. Brief intense stair climbing improves cardiorespiratory fitness. **Med Sci Sports Exerc**. 49:298–307; 2017.

Al-Sofiani M.; Suneeta S.; Gnji S. S.; Kalyani R. R. (2019). Body composition changes in diabetes and aging. **Journal of Diabetes and its Complications**. Volume 33, Issue 6, June, pages 451-459, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2019.03.007>. Acesso em: 20 dez. 2023.

American College of Sports Medicine. ACSM's. **Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 11th ed. Liguori G, Yuri F, Fountaine C, Roy BA, editors. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2022.

Andreato L.V.; Esteves J.V. ; Coimbra D.R.; Moraes A.J.P. ; de Carvalho T. The influence of high-intensity interval training on anthropometric variables of adults with overweight or obesity: a systematic review and network meta-analysis. **Obes Rev**. 20(1):142-155, Jan, 2019. Disponível em: doi: 10.1111/obr.12766. Acesso em: 23 nov. 2023.

Avignon A.; Boegner C.; Mariano-Goulart D.; Colette C.; Monnier L. Assessment of insulin sensitivity from plasma insulin and glucose in the fasting or post oral glucose-load state. **Int J Obes Relat Metab Disord**. 23(5):512-7, May, 1999. Disponível em: doi: 10.1038/sj.ijo.0800864. Acesso em: 18 dez. 2023.

Azevêdo L.M.; Oliveira e Silva L.G.; Sousa J.C.S.; Fecchio R.Y.; de Brito L.C.; Claudia Forjaz L.M. EXERCÍCIO FÍSICO E PRESSÃO ARTERIAL: EFEITOS, MECANISMOS, INFLUÊNCIAS E IMPLICAÇÕES NA HIPERTENSÃO ARTERIAL. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo** - 29(4):415-22, Supl - 2019.

Bai A.; Tao J.; Tao L.; Liu J. Prevalence and risk factors of diabetes among adults aged 45 years or older in China: A national cross-sectional study. **Endocrinol Diabetes Metab**. 24;4(3), May 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/edm2.265>. Acesso em: 18 dez. 2023.

Bakhtiyari, M. ; E.; Kabir K.; Hadaegh F.; Aghajanian S.; Mardi P.; Ghahfarokhi N.G.; Ali M.; Mansournia M.F. Contribution of obesity and cardiometabolic risk factors in developing cardiovascular disease: a population-based cohort study. **Sci. Rep**. 12, 1544 (2022).

Batacan R. B. Jr.; Duncan M.J.; Dalbo V.J, Tucker P.S. Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of

intervention studies. **Br J Sports Med.** 51(6):494-503, Mar, 2017. Disponível em: doi: 10.1136/bjsports-2015-095841. Acesso em: 5 fev. 2024.

Berryman J.W.; Exercise is medicine: a historical perspective. **Curr Sports Med Rep.** 9(4):195-201, Jul-Aug, 2010. Disponível em: doi: 10.1249/JSR.0b013e3181e7d86d. Acesso em: 21 nov. 2023.

Bird S.R. ; Hawley J.A. Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. **BMJ Open Sport Exerc Med.** 1;2(1):e000143, Mar, 2017. Disponível em: doi: 10.1136/bmjsem-2016-000143. Acesso em: 20 dez 2023.

Børsheim E. and Roald Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Sports Med.** 33(14):1037-60, 2003.

Brestoff J.R.; Clippinger B.; Spinella T.; von Duvillard S.P.; Nindl B.C.; Arciero P.J. An acute bout of endurance exercise but not sprint interval exercise enhances insulin sensitivity. **Appl Physiol Nutr Metab.**, 34(1):25-32, Feb, 2009. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/h08-126>. Acesso em: 3 jan. 2024.

Brito L.C.; Queiroz A.C.; Forjaz C.L. Influence of population and exercise protocol characteristics on hemodynamic determinants of post-aerobic exercise hypotension. **Braz J Med Biol Res.**, 47(8):626-36, Aug, 2014. Disponível em: doi: 10.1590/1414-431x20143832. Acesso em: 12 fev. 2024.

Broadney M.M.; Belcher B.R.; Berrigan D.A.; Brychta R.J ; Tigner I.L. Jr.; Shareef F.; Papachristopoulou A.; Hattenbach J.D.; Davis E.K.; Brady S.M.; Bernstein S.B.; Courville A.B.; Drinkard B.E.; Smith K.P.; Rosing D.R.; Wolters P.L.; Chen K.Y.; Yanovski J.A. Effects of Interrupting Sedentary Behavior With Short Bouts of Moderate Physical Activity on Glucose Tolerance in Children With Overweight and Obesity: A Randomized Crossover Trial. **Diabetes Care**, 41(10):2220-2228, Oct, 2018. Disponível em: doi: 10.2337/dc18-0774. Acesso em: 4 jan. 2024.

Buchheit M.; Laursen P.B.; High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. **Sports Med.**, 43(5):313-38, May, 2013. Disponível em: doi: 10.1007/s40279-013-0029-x. Acesso em: 6 dez. 2023.

Bull F. C.; Al-Ansari S. S.; Biddle S.; Borodulin K.; Buman M. P.; Cardon G.; Carty C.; Chaput J. P.; Chastin S.; Chou R.; Dempsey P. C.; Dipietro L.; Ekelund U.; Firth J.; Friedenreich C. M.; Garcia L.; Gichu M.; Jago R.; Katzmarzyk P. T.; ... Willumsen J. F. (2020). World Health Organization guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, 54(24), 1451–1462,2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2020-102955>. Acesso em: 10 nov. 2023.

Cardoso C.G Jr.; Gomides R.S.; Queiroz A.C.C.; Pinto L.G.; Lobo FdS.; Tinucci T.; Mion Jr D.; Moraes Forjaz C.L. Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. **Clinics**, 65(3):317–25, 2010.

Cederholm J.; Wibell L. Insulin release and peripheral sensitivity at the oral glucose tolerance test. **Diabetes Research and Clinical Practice**, 10 (2), 167–175, 1990. Disponível em: doi: 10.1016/0168-8227(90)90040-Z. Acesso em: 4 fev. 2024.

Chad K.E. and Wenger H.A. The effect of exercise duration on the exercise and postexercise oxygen consumption. **Can. J. Sport Sci.**, 13:204-207, 1988.

Coates A.M.; Joyner M.J.; Little J.P. *et al.* A Perspective on High-Intensity Interval Training for Performance and Health. **Sports Med.**, 53 (Suppl 1), 85–96 (2023). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01938-6> Smodlaka VN. Acesso em: 29 jan. 2024.

Colberg S. R.; Sigal R. J.; Yardley J. E.; Riddell M. C.; Dunstan D. W.; Dempsey P.C.; Horton E. S.; Cstorino K.; Tate D. F. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. **Diabetes Care**, 39(11): 2065–2079, Nov; 2016. Disponível em: doi: 10.2337/dc16-1728. Acesso em: 23 nov. 2023.

Compher C.; Frankenfield D.; Keim N. & Roth-Yousey L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. **Journal of the American Dietetic Association**, 106(6), 881–903, 2006.

Contrepois K.; Wu S.; Moneghetti K.J.; Hornburg D.; Ahadi S.; Tsai M.S.; Metwally A.A.; Wei E.; Lee-McMullen B. ; Quijada J.V.; Chen S.; Christle J.W.; Ellenberger M.; Balliu B.; Taylor S.; Durrant M.G.; Knowles D.A.; Choudhry H.; Ashland M.; Bahmani A.; Enslin B.; Amsallem M.; Kobayashi Y.; Avina M.; Perelman D.; Schüssler-Fiorenza Rose S.M.; Zhou W.; Ashley E.A.; Montgomery S.B.; Chaib H.; Haddad F.; Snyder M.P.; Molecular Choreography of Acute Exercise. **Cell**, 28;181(5):1112-1130.e16, May, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32470399/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

Costa E.C.; Hay J.L.; Kehler D.S.; Borenskie KF, Arora RC, Umpierre D, Szwajcer A, Duhamel TA. Effects of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training On Blood Pressure in Adults with Pre- to Established Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. **Sports Med.**, 48, 2127–2142 (2018). Disponível em: doi: 10.1519/JSC.0000000000003552. Acesso em: 21 jan. 2024.

Costa E.C.; Kent D.E.; Borenskie K.F.; Hay J.L.; Kehler D.S.; Edey-Mazowita A.; Nugent K.; Papadopoulos J.; Stammers A.N.; Oldfield C.; Arora R.C.; Browne R.A.V.; Duhamel T.A. Acute Effect of High-Intensity Interval Versus Moderate-Intensity Continuous Exercise on Blood Pressure and Arterial Compliance in Middle-Aged and Older Hypertensive Women With Increased Arterial Stiffness. **J Strength Cond Res.**, 34(5):1307-1316, May, 2020.

Costa-Pereira L. V.; Melo D. S.; Santos C. S.; Mendes B. F.; Esteves E. A.; Lacerda A. C. R.; de Miranda J. L.; Rocha-Vieira E.; Gripp F.; Amorim F. T.; Magalhães F. C.; & Dias-Peixoto, M. F. (2017). Distinct beneficial effects of continuous vs accumulated exercise training on cardiovascular risk factors in Wistar rats. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, 27(11) (2017). Disponível em: <https://doi.org/10.1111/sms.12737>. Acesso em: 12 nov. 2023.

Currie K.D.; McKelvie R.S.; Macdonald M.J. Flow-mediated dilation is acutely improved after high-intensity interval exercise. **Med Sci Sports Exerc.**, 44(11):2057-64, Nov, 2012. Disponível em: doi: 10.1249/MSS.0b013e318260ff92. Acesso em: 22 jan. 2024.

Dai H.; Alsalhe T.A.; Chalghaf N.; Riccò M.; Bragazzi N.L.; Wu J. The global burden of disease attributable to high body mass index in 195 countries and territories, 1990-2017: An analysis

of the Global Burden of Disease Study. **PLoS Med.**, 17(7):e1003198, 28 Jul, 2020. Disponível em: DOI: 10.1371/journal.pmed.1003198. Acesso em: 22 jan. 2024.

Dantas T.C.B.; Farias Junior L.F.; Frazão D.T.; Silva P.H.M.; Sousa Junior A.E.; Costa I.B.B.; Ritti-Dias R.M.; Forjaz C.L.M.; Duhamel T.A.; Costa E.C.; A Single Session of Low-Volume High-Intensity Interval Exercise Reduces Ambulatory Blood Pressure in Normotensive Men. **J Strength Cond Res.**, 31(8):2263-2269, Aug, 2017.

Dawson B.; Straton S.; Randall N. Oxygen consumption during recovery from prolonged submaximal cycling below the anaerobic threshold. **J Sports Med Phys Fitness**, 36: 77–84, 1996.

De Matos M.A.; Vieira D.V.; Pinhal K.C.; Lopes J.F.; Dias-Peixoto M.F.; Pauli J.R.; de Castro Magalhães F.; Little J.P.; Rocha-Vieira E.; Amorim F.T. High-Intensity Interval Training Improves Markers of Oxidative Metabolism in Skeletal Muscle of Individuals With Obesity and Insulin Resistance. **Front Physiol.**, 31;9:1451, Oct, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30429793/>. Acesso em: 13 mar. 2021.

de Mello M.B.; Righi N.C.; Schuch F.B.; Signori L.U.; da Silva A.M.V. Effect of high-intensity interval training protocols on VO₂max and HbA1c level in people with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **Ann Phys Rehabil Med.**, 65:101586, 2022.

de Rezende L.F.; Rodrigues Lopes M.; Rey-López J.P.; Matsudo V.K.; Luiz Odo C. Sedentary behavior and health outcomes: an overview of systematic reviews. **PLoS One**, 21;9(8): e105620, Aug, 2014.

De Sousa R. A. L.; Mendes B. F.; Costa-Pereira L.; de Souza Pereira R. R.; de Andrade J. A.; Diniz E Magalhães C. O.; Gripp F.; Magalhães F. de C.; Andrade E. F.; Cassilhas R. C.; & Dias-Peixoto, M. F. (2022). Accumulated High-intensity Interval Training Protocol: A New Approach to Study Health Markers in Wistar Rats. **Journal of Visualized Experiments, JoVE**, (180) 2022.

DeBusk RF, Stenestrand U, Sheehan M, Haskell WL. Training effects of long versus short bouts of exercise in healthy subjects. **Am J Cardiol.**, 65(15):1010-3, Apr 15, 1990.

DiMenna F.J.; Arad A.D. The acute vs. chronic effect of exercise on insulin sensitivity: nothing lasts forever. **Cardiovasc Endocrinol Metab.**, 10(3):149-161, Nov 19, 2020.

Ebisu T. Splitting the distance of endurance running: on cardiovascular endurance and blood lipids. **Japanese Journal of Physical Exercise**, 30:37–43, 1985.

Edholm P.; Veen J.; Kadi F.; & Nilsson, A. (2021). Muscle mass and aerobic capacity in older women: Impact of regular exercise at middle age. **Experimental Gerontology**, 147, (2021).

Ekkekakis P.; Vallance J.; Wilson P.M.; Ewing G.C. Extraordinary claims in the literature on high-intensity interval training (HIIT): III. Critical analysis of four foundational arguments from an interdisciplinary lens. **Psychol Sport Exerc.**, 66:1–11, 2023.

Fealy C.E.; Nieuwoudt S.; Foucher J.A.; Scelsi A.R.; Malin S.K.; Pagadala M.; Cruz L.A.; Li M.; Rocco M.; Burguera B.; Kirwan J.P. Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes. **Exp Physiol.**, 103(7):985-994, Jul, 2018.

Federação Internacional de Diabetes - **IDF Diabetes Atlas 2021** – 10th edition. Disponível em: <https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>. Acesso em: 20/12/2023.

Federação Internacional de Diabetes - **IDF Diabetes Atlas. 9ª Edição**, IDF, Bruxelas. (2019.11) [2020-06-30]. Disponível em: <https://diabetesatlas.org/en/>. Acesso em: 20/12/2023.

Ferreira Mendes B. F.; Costa Pereira L. V.; Andrade J. A.; Diniz Magalhães C. O.; Souza de Pereira R. R.; Esteves E. A.; Cassilhas R. C.; Andrade E. F.; Gripp F.; Magalhães F. C.; Sampaio K. O. Amorim F. T. & Dias Peixoto M. F. Superior cardiometabolic and cellular adaptive responses to multiple versus single daily sessions of high intensity interval training in Wistar rats. **Scientific Reports**, 12:21187, 2022.

Francois M. E.; Baldi J. C.; Manning P. J.; Lucas S. J. E.; Hawley J. A.; Williams M. J. A.; & Cotter J. D. (2014). “**Exercise snacks**” before meals: a novel strategy to improve glycaemic control in individuals with insulin resistance. *Diabetologia*, 57(7), 1437–1445, 2014.

Freiberg A.; Schubert M.; Romero Starke K.; Hegewald J.; Seidler A. A Rapid Review on the Influence of COVID-19 Lockdown and Quarantine Measures on Modifiable Cardiovascular Risk Factors in the General Population. **Int J Environ Res Public Health**, 13;18(16):8567 Aug, 2021.

Garber C.E.; Blissmer B.; Deschenes M.R.; Franklin B.A.; Lamonte M.J.; Lee I.M.; Nieman D.C.; Swain D.P. 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 Exerc.**, 43:1334–59, 2011.

GBD 2015 Obesity Collaborators; Afshin A.; Forouzanfar M.H.; Reitsma M.B.; Sur P.; Estep K.; Lee A.; Marczak L.; Mokdad A.H.; Moradi-Lakeh M.; Naghavi M.; Salama J.S.; Vos T.; Abate K.H.; Abbafati C.; Ahmed M.B.; Al-Aly Z.; Alkerwi A.; Al-Raddadi R.; Amare A.T.; Amberbir A.; Amegah A.K.; Amini E.; Amrock S.M.; Anjana R.M.; Ärnlöv J.; Asayesh H.; Banerjee A.; Barac A.; Baye E.; Bennett D.A.; Beyene A.S.; Biadgilign S.; Biryukov S.; Bjertness E.; Boneya D.J.; Campos-Nonato I.; Carrero J.J.; Cecilio P.; Cercy K.; Ciobanu L.G.; Cornaby L.; Damtew S.A.; Dandona L.; Dandona R.; Dharmaratne S.D.; Duncan B.B.; Eshrati B.; Esteghamati A.; Feigin V.L.; Fernandes J.C.; Fürst T.; Gebrehiwot T.T.; Gold A.; Gona P.N.; Goto A.; Habtewold T.D.; Hadush K.T.; Hafezi-Nejad N.; Hay S.I.; Horino M.; Islami F.; Kamal R.; Kasaeian A.; Katikireddi S.V.; Kengne A.P.; Kesavachandran C.N.; Khader Y.S.; Khang Y.H.; Khubchandani J.; Kim D.; Kim Y.J.; Kinfu Y.; Kosen S.; Ku T.; Defo B.K.; Kumar G.A.; Larson H.J.; Leinsalu M.; Liang X.; Lim S.S.; Liu P.; Lopez A.D.; Lozano R.; Majeed A.; Malekzadeh R.; Malta D.C.; Mazidi M.; McAlinden C.; McGarvey S.T.; Mengistu D.T.; Mensah G.A.; Mensink G.B.M.; Mezgebe H.B.; Mirraikhimov E.M.; Mueller U.O.; Noubiap J.J.; Obermeyer C.M.; Ogbo F.A.; Owolabi M.O.; Patton G.C.; Pourmalek F.; Qorbani M.; Rafay A.; Rai R.K.; Ranabhat C.L.; Reinig N.; Safiri S.; Salomon J.A.; Sanabria J.R.; Santos I.S.; Sartorius B.; Sawhney M.; Schmidhuber J.; Schutte A.E.; Schmidt M.I.; Sepanlou S.G.; Shamsizadeh M.; Sheikhbahaei S.; Shin M.J.; Shiri R.; Shiue I.; Roba H.S.; Silva D.A.S.; Silverberg J.I.; Singh J.A.; Stranges S.; Swaminathan S.; Tabarés-Seisdedos R.; Tadese F.; Tedla B.A.; Tegegne B.S.; Terkawi A.S.; Thakur J.S.; Tonelli M.; Topor-Madry R.; Tyrovolas S.; Ukwaja K.N.; Uthman O.A.; Vaezghasemi M.; Vasankari T.; Vlassov V.V.; Vollset S.E.; Weiderpass E.; Werdecker A.; Wesana J.; Westerman R.; Yano Y.; Yonemoto N.; Yonga G.;

Zaidi Z.; Zenebe Z.M.; Zipkin B.; Murray C.J.L. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. **N Engl J Med.**, 377(1):13-27, Jul 6, 2017.

Gibala M.J.; Hawley J.A. Sprinting Toward Fitness. **Cell Metab.**, 25(5):988-990, May 2, 2017.
Gibala M.J.; Little J.P.; Macdonald M.J.; Hawley J.A. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **J Physiol.**, 590:1077–84, 2012.

Gibala M.J.; MacInnis M.J. Physiological basis of brief, intense interval training to enhance maximal oxygen uptake: a minireview. **Am J Physiol Cell Physiol.**, 323:C1410–6, 2022.

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.**, 36(2):58-63, Apr, 2008.

Gillen J.B.; Estafanos S.; Williamson E.; Hodson N.; Malowany J.M.; Kumbhare D.; Moore D.R. Interrupting prolonged sitting with repeated chair stands or short walks reduces postprandial insulinemia in healthy adults. **J Appl Physiol** (1985), Jan 1;130(1):104-113, 2021.
Global BMI Mortality Collaboration, Di Angelantonio E.; Bhupathiraju ShN.; Wormser D.; Gao P.; Kaptoge S.; Berrington de Gonzalez A.; Cairns B.J.; Huxley R.; Jackson ChL.; Joshy G.; Lewington S.; Manson J.E.; Murphy N.; Patel A.V.; Samet J.M.; Woodward M.; Zheng W.; Zhou M.; Bansal N.; Barricarte A.; Carter B.; Cerhan J.R.; Smith G.D.; Fang X.; Franco O.H.; Green J.; Halsey J.; Hildebrand J.S.; Jung K.J.; Korda R.J.; McLerran D.F.; Moore S.C.; O’Keeffe L.M.; Paige E.; Ramond A.; Reeves G.K.; Rolland B.; Sacerdote C.; Sattar N.; Sofianopoulou E.; Stevens J.; Thun M.; Ueshima H.; Yang L.; Yun Y.D.; Willeit P.; Banks E.; Beral V.; Chen Zh.; Gapstur S.M.; Gunter M.J.; Hartge P.; Jee S.H.; Lam T.H.; Peto R.; Potter J.D.; Willett W.C.; Thompson S.G.; Danesh J.; Hu F.B. Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. **Lancet**, 388(10046):776-86, Aug 20, 2016.

Global report on hypertension: the race against a silent killer. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Gokal K.; Amos-Hirst R. ; Moakes C.A.; Sanders J.P.; Esliger D.W.; Sherar LB.; Ives N.; Biddle S.J.H.; Edwardson C.; Yates T.; Frew E.; Greaves C.; Greenfield S.M.; Jolly K.; Skrybant M.; Maddison R, Mutrie N, Parretti HM, Daley AJ. Views of the public about Snacktivity™: a small changes approach to promoting physical activity and reducing sedentary behaviour. **BMC Public Health**, 22(1):618, Mar 29, 2022.

Gripp F.; Nava R. C.; Cassilhas R. C.; Esteves E. A.; Diniz Magalhães C. O.; Dias Peixoto M. F.; Magalhães F. C.; Amorim F. T. (2021). HIIT is superior than MICT on cardiometabolic health during training and detraining. **European Journal of Applied Physiology**. September 2021.

Gutt M.; Davis C.L.; Spitzer S.B.; Llabre M.M.; Kumar M.; Czarnecki E.M.; Schneiderman N.; Skyler J.S.; Marks J.B. Validation of the insulin sensitivity index (ISI(0,120)): comparison with other measures. **Diabetes Res Clin Pract.**, 47(3):177-84, Mar, 2000.

Hallal P.C.; Andersen Lbo.; Bull F.C.; Guthold R.; Haskell W.; Ekelund U. 2012. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. **The Lancet**, 380(9838): 247–257, 2012.

Hamilton M.T.; Hamilton D.G.; Zderic T.W. Role of Low Energy Expenditure and Sitting in Obesity, Metabolic Syndrome, Type 2 Diabetes, and Cardiovascular Disease. **Diabetes**, 56(11):2655–2667, 2007.

Hansen D.; Niebauer J.; Cronelissen V.; Barna O.; Neunhäuserer D.; Tonoli C. S.; Greco E.; Fagard R.; Coninx K.; Vanhees L.; Piepoli M. F.; Pedretti R.; Ruiz G. R.; Corrà U.; Schmid J.; Davos C. H.; Edelmann F.; Abreu A.; Rauch B.; Ambrosetti A.; Braga S. S.; Beckers P.; Bussotti P.; Faggiano P.; Garcia-Porrero E.; Kouidi E.; Lamotte M.; Reibis R.; Spruit M. A.; Takken T.; Vigorito C.; Völler E.; Doherty P.; Dendale P. **Exercise Prescription in Patients with Different Combinations of Cardiovascular Disease Risk Factors: A Consensus Statement from the EXPERT Working Group**. 2018.

Hardman A.E. Accumulation of physical activity for health gains: what is the evidence? **Br J Sports Med.**, 33(2):87-92, Apr, 1999.

Hildrum B.; Mykletun A.; Hole T.; Midthjell K.; Dahl A.A. Agespecific prevalence of the metabolic syndrome defined by the international diabetes federation and the national cholesterol education program: the Norwegian HUNT 2 study. **BMC Public Health**, 7:220, 2007.

Hill H.R.; George W.W.; Peters R.J.C. Obesity and the Environment: Where Do We Go from Here? , , , AND Authors Info & Affiliations Special Viewpoints James O. **Science**, Vol 299, Issue 5608 pp. 853-855, 7 Feb 2003.

Holloszy J.O. Exercise-induced increase in muscle insulin sensitivity. **J Appl Physiol** (1985), 99(1):338-43, Jul, 2005.

Hwang C.L.; Lim J.; Yoo J.K.; Kim H.K.; Hwang M.H.; Handberg E.M.; Petersen J.W.; Holmer B.J.; Leey Casella J.A.; Cusi K.; Christou D.D. Effect of all-extremity high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on aerobic fitness in middle-aged and older adults with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. **Exp Gerontol**, 116:46-53, Feb, 2019.
Iaccarino G.; Franco D.; Sorriento D.; Strisciuglio T.; Barbato E.; Morisco C. Modulation of Insulin Sensitivity by Exercise Training: Implications for Cardiovascular Prevention. **J Cardiovasc Transl Res.**, 14(2):256-270, Apr, 2021.

Islam H.; Gibala M.J.; Little J.P. Exercise snacks: a novel strategy to improve cardiometabolic health. **Exerc Sport Sci Rev.**, 50:31–7, 2022.

Islam H.; Townsend L.K.; & Hazell TJ. Excess Postexercise Oxygen Consumption and Fat Utilization Following Submaximal Continuous and Supramaximal Interval Running. **Research Quarterly For Exercise And Sport**, 450-456, 16 Oct , 2018.

Ismail A.D.; Alkhayl F.F.A.; Wilson J.; Johnston L.; Gill J.M.R.; Gray S.R.; The effect of short-duration resistance training on insulin sensitivity and muscle adaptations in overweight men. **Exp Physiol.**, 104(4):540-545, Apr, 2019.

Jelleyman C.; Yates T.; O'Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K, Davies MJ. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. **Obes Rev.**, 16(11):942-61, Nov, 2015.

Jones M.D.; Clifford B.K.; Stamatakis E. ; Gibbs M.T. Exercise Snacks and Other Forms of Intermittent Physical Activity for Improving Health in Adults and Older Adults: A Scoping Review of Epidemiological, Experimental and Qualitative Studies. **Sports Med.**, 54(4):813-835, Apr, 2024.

Keating S.E.; Johnson N.A.; Mielke G.I.; Coombes J.S. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. **Obes Rev.**, 18(8):943-964, 2017.

Kenney M.J.; Seals D.R. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. **Hypertension**, 22(5):653-64, Nov, 1993.

Kercher V.M.; Kercher K.; Levy P.; Bennion T.; Alexander C.; Amaral P.C. *et al.* 2023 Fitness trends from around the globe. **ACSMs Health Fit J.**, 27:19–30, 2023.

Kesaniemi Y.A.; Danforth E.; Jensen M.D. ; Kopelman P.G. ; Lefebvre P. ; Reeder B.A. Dose-response issues concerning physical activity and health: a evidence-based symposium. **Med Sci Sports Exerc.**, 33(6 Suppl):S351–8, 2001.

Kim MS, Kim WJ, Khera AV, Kim JY, Yon DK, Lee SW, Shin JI, Won HH. Association between adiposity and cardiovascular outcomes: an umbrella review and meta-analysis of observational and Mendelian randomization studies. **Eur Heart J.**, 42(34):3388-3403, Sep 7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab454>. Acesso em 7 dez. 2023.

King J.A.; Wasse L.K.; Stensel D.J. The acute effects of swimming on appetite, food intake, and plasma acylated ghrelin. **J Obes.**, 2011:351628, 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2952805/>. Acesso em: 7 dez. 2023.

Kirwan J.P.; Sacks J.; Nieuwoudt S. The essential role of exercise in the management of type 2 diabetes. **Cleve Clin J Med.**, 84(7 Suppl 1):S15-S21, Jul, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5846677/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

Laaksonen D.E.; Lindström J.; Lakka T.A.; Eriksson J.G.; Niskanen L.; Wikström K.; Aunola S.; Keinänen-Kiukaanniemi S.; Laakso M.; Valle T.T.; Ilanne-Parikka P.; Louheranta A.; Hämäläinen H.; Rastas M.; Salminen V.; Cepaitis Z.; Hakumäki M.; Kaikkonen H.; Härkönen P.; Sundvall J.; Tuomilehto J.; Uusitupa M. Finnish diabetes prevention study. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study. **Diabetes**, 54(1):158-65, Jan, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15616024/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

Laforgia J. ; Withers R.T & Gore C.J. Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. **Journal of Sports Sciences**, 24(12), 1247–1264, 2006.

Laukkanen J.A. ; Isiozor N.M. ; Kunutsor S.K. Objectively assessed cardiorespiratory fitness and all-cause mortality risk: an updated meta-analysis of 37 cohort studies involving 2,258,029 participants. **Mayo Clin Proc.**, 97:1054–73, 2022.

Lavie C.J. ; Ozemek C. ; Carbone S. ; Katzmarzyk P.T. ; Blair S.N. Sedentary Behavior, Exercise, and Cardiovascular Health. **Circ Res.**, 124(5):799-815, Mar, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.312669>. Acesso em: 4 jan. 2024.

Leal J.M.; Galliano L.M.; Del Vecchio F.B. Effectiveness of high intensity interval training versus moderate-intensity continuous training in hypertensive patients: a systematic review and metaanalysis. **Curr Hypertens Rep.**, 22:1–13, 2020.

Levine R.; Haft D.E. Carbohydrate homeostasis. **N Engl J Med.**, 283(5):237-46, Jul 30, 1970. Disponível em: https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJM197007302830506?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed. Acesso em: 5 jan. 2024.

Lin X.; Zhang X.; Guo J.; Roberts C.K.; McKenzie S.; Wu W.C.; Liu S.; Song Y. Effects of Exercise Training on Cardiorespiratory Fitness and Biomarkers of Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **J Am Heart Assoc.** 4(7):e002014, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4608087/> Acesso em: 10 jan. 2024.

Lin Y.H.; Chen Y.C.; Tseng Y.C.; Tsai S.T.; Tseng Y.H. Physical activity and successful aging among middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. **Aging (Albany NY)**, 12(9):7704-7716, Apr 29, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7244057/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

Little J. P.; Langley J.; Lee M.; Myette-Côté E.; Jackson G.; Durrer C.; Gibala M. J.; & Jung M. E. Sprint exercise snacks: a novel approach to increase aerobic fitness. **European Journal of Applied Physiology**, 119(5), 1203–1212, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-019-04110-z>. Acesso 19 nov. 2023.

Loh R. ; Stamatakis E. ; Folkerts D. ; Allgrove J.E. ; Moir H.J. Effects of Interrupting Prolonged Sitting with Physical Activity Breaks on Blood Glucose, Insulin and Triacylglycerol Measures: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med.**, 50(2):295-330, Feb, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6985064/>. Acesso em: 2 dez. 2023.

Magkos F. ; Tsekouras Y. ; Kavouras S.A. ; Mittendorfer B. ; Sidossis L.S. Improved insulin sensitivity after a single bout of exercise is curvilinearly related to exercise energy expenditure. **Clin Sci (Lond)**, 114:59–64, 2008.

Marçal I.R.; Goessler K.F.; Buys R.; Casonatto J.; Ciolac E.G.; Cornelissen V.A. Post-exercise Hypotension Following a Single Bout of High Intensity Interval Exercise vs. a Single Bout of Moderate Intensity Continuous Exercise in Adults With or Without Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. **Front Physiol.**, 28;12:675289, Jun, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8274970/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

Martinez N. ; Kilpatrick M. W. ; Salomon K. ; Jung M. E. and Little J. P. Affective and Enjoyment Responses to High-Intensity Interval Training in Overweight-to-Obese and Insufficiently Active Adults. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, 37, 138-149, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1123/jsep.2014-0212>. Acesso em: 25 nov. 2023.

Mateo-Gallego R.; Madinaveitia-Nisarre L.; Giné-Gonzalez J.; María Bea A.; Guerra-Torrecilla L.; Baila-Rueda L.; Perez-Calahorra S.; Civeira F.; Lamiquiz-Moneo I. The effects of high-intensity interval training on glucose metabolism, cardiorespiratory fitness and weight control in subjects with diabetes: Systematic review a meta-analysis. **Diabetes Res Clin Pract.**, 190:109979, Aug, 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168822722007938?via%3Dihub>. Acesso em: 21 jan. 2024.

Matsuda M.; DeFronzo R.A. Insulin sensitivity indices obtained from oral glucose tolerance testing: comparison with the euglycemic insulin clamp. **Diabetes Care**. 22 (9), 1462–1470, 1999.

Matthews A.R.D.; Astorino T.A.; Crocker G.H.; Sheard A.C. Acute effects of high-intensity interval exercise while wearing a sauna suit on energy expenditure and excess post-exercise oxygen consumption. **J Strength Cond Res.**, 36(9) p 2427-2433, 2022.

McCarthy S.F.; Ferguson E.J.; Jarosz C.; Kenno K.A.; Hazell T.J. Similar Postexercise Hypotension After MICT, HIIT, and SIT Exercises in Middle-Age Adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 55(1):101-109 Jan, 2023. Disponível em: https://journals.lww.com/acsmmsse/fulltext/2023/01000/similar_postexercise_hypotension_after_mict_hiit.11.aspx. Acesso em: 5 dez. 2023.

McCarthy S.F.; Jarosz C.; Ferguson E.J.; Kenno K.A.; Hazell T.J. Intense interval exercise induces greater changes in post-exercise metabolism compared to submaximal exercise in middle-aged adults. **Eur J Appl Physiol.**, 124(4):1075-1084, Apr, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-023-05334-w>. Acesso em: 20 mai. 2024.

McGarvey W.; Jones R and Petersen S. Excess Post-Exercise Oxygen Consumption Following Continuous and Interval Cycling Exercise. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, 14, 28-37, 2005.

Mendes B. F.; Costa Pereira L.; Andrade J.Á.; Diniz Magalhães C.O.; Souza de Pereira R.R.; Esteves E.A.; Cassilhas R.C.; Andrade E.F.; Gripp F.; Magalhães F.C.; Sampaio K.O, Amorim F.T, & Dias Peixoto M.F. Superior cardiometabolic and cellular adaptive responses to multiple versus single daily sessions of high intensity interval training in Wistar rats. **Scientific Reports**, 12:21187, 2022.

Metcalf R.; Fawcner S.; Vollaard N. No Acute Effect of Reduced-exertion High-intensity Interval Training (REHIT) on Insulin Sensitivity. **Int J Sports Med.**, 37(5):354-8, May, 2016.
Meyer K.; Samek L.; Schwaibold M.; Westbrook S.; Hajric R.; Lehmann M.; Essfeld D.; Roskamm H. Physical responses to different modes of interval exercise in patients with chronic heart failure--application to exercise training. **Eur Heart J.**, 17(7):1040-7, Jul, 1996. Disponível em: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/17/7/1040/453349?login=true>. Acesso em: 10 dez. 2023.

Meyer P.; Gayda M.; Juneau M.; Nigam A. High-intensity aerobic interval exercise in chronic heart failure. **Curr Heart Fail Rep.**, 10(2):130-8, Jun, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11897-013-0130-3>. Acesso em: 11 dez. 2023.

Midgley A. W.; McNaughton L. R.; Polman R.; & Marchant D. (2012). Criteria for Determination of Maximal Oxygen Uptake. **Sports Medicine**, 37:12, 37(12), 1019–1028, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.2165/00007256-200737120-00002>. Acesso em: 20 set 2021.

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.**, 45:1469–81, 2015.

Ministério da Saúde – MS. **Dia Nacional do Idoso e Dia Internacional da Terceira Idade:** “A jornada para a igualdade”. Biblioteca Virtual em Saúde, 2023. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/01-10-dia-nacional-do-idoso-e-dia-internacional-da-terceira-idade-a-jornada-para-a-igualdade/#:~:text=A%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20Mundial%20da%20Sa%C3%ADde,anos%20nos%20pa%C3%ADses%20em%20desenvolvimento.>

Mizuno T.; Shu I.W.; Makimura H.; Mobbs C. Obesity over the life course. **Sci Aging Knowledge Environ.**, 2004(24):re4, Jun 16, 2004. Disponível em: doi: 10.1126/sageke.2004.24.re4. PMID: 15201431. Acesso em: 21 jan. 2024.

Moniz S.C.; Islam H.; Hazell T.J. Mechanistic and methodological perspectives on the impact of intense interval training on post-exercise metabolism. **Scand J Med Sci Sports**, 30(4):638-651, Apr, 2020. Disponível em: doi: 10.1111/sms.13610. Epub 2020 Jan 3. PMID: 31830334. Acesso em: 12 fev. 2024.

Monzillo L.U.; Hamdy O. Evaluation of Insulin Sensitivity in Clinical Practice and in Research Settings. **Nutrition Reviews**. 61 (12), 397-412, 2003.

Murphy M.H.; Blair S.N.; Murtagh E.M. Accumulated versus continuous exercise for health benefit: a review of empirical studies. **Sports Med.**, 39(1):29-43, 2009. Disponível em: doi: 10.2165/00007256-200939010-00003. PMID: 19093694. Acesso em: 15 mar. 2021.

Murphy M.H.; Lahart I.; Carlin A.; Murtagh E. The Effects of Continuous Compared to Accumulated Exercise on Health: A Meta-Analytic Review. **Sports Med** 49, 1585–1607 2019. Myers J. and Bellin D. Ramp Exercise Protocols for Clinical and Cardiopulmonary Exercise Testing. **Sports Med.**, 30 (1): 23-29, Jul, 2000.

O'Hearn M. ; Lauren B.N. ; Wong J.B. ; Kim D.D. ; Mozaffarian D. Trends and Disparities in Cardiometabolic Health Among U.S. Adults, 1999-2018. **J Am Coll Cardiol.**, 12;80(2):138-151, jul, 2022. Disponível em: doi: 10.1016/j.jacc.2022.04.046. PMID: 35798448; PMCID: PMC10475326. Acesso em: 12 dez. 2023.

Organização mundial da saúde – OMS, 2009. **Global health risks:** mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Bull. W. H. O., 87: 646. Disponível em: https://apps-who-int.libproxy.unm.edu/iris/bitstream/handle/10665/44203/9789241563871_eng.pdf. Acesso em: 19 nov. 2023.

Organização mundial da saúde – OMS, 2022. **Global Status on Physical Activity 2022.** Global status report on physical activity 2022 (who.int).

Organização Mundial da Saúde – OMS, 2023: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Organização Mundial da Saúde – OMS. **Noncommunicable diseases country profiles 2018.** Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Organização Mundial da Saúde - OMS. **Noncommunicable Diseases**. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>. Accessed 6 June 2022. Acesso em 23 nov. 2023.

Organização mundial da saúde – OMS. October 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>. Acesso em 19 nov. 2023.
Organização Pan-Americana da Saúde / Organização mundial da saúde - OPAS/OMS (2023) **Relatório lançado pela OMS detalha o impacto devastador da hipertensão e as formas de combatê-la** - OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde (paho.org). Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/19-9-2023-relatorio-lancado-pela-oms-detalha-impacto-devastador-da-hipertensao-e-formas>. Acesso em: 8 fev. 2024.

Organización Panamericana de la Salud. **Salud en las Américas+, edición del 2017**. Resumen: panorama regional y perfiles de país (Washington, D.C: OPS 2017). Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/34322>. Acesso em: 8 fev. 2024.

Ortega J.F.; Fernández-Eliás V.E.; Hamouti N.; Pallarés J.G.; Mora-Rodriguez R. Higher insulin-sensitizing response after sprint interval compared to continuous exercise. **Int J Sports Med.**, 36(3):209-14, Mar 2015. Disponível em: doi: 10.1055/s-0034-1389942. Epub 2014 Nov 6. PMID: 25376729. Acesso em: 15 jan. 2024.

Ostchega Y.; Fryar C.D.; Nwankwo T.; Nguyen D.T. Hypertension Prevalence Among Adults Aged 18 and Over: United States, 2017-2018. **NCHS Data Brief.**, (364):1-8, Apr, 2020.

Parker L.; Trewin A.; Levinger I.; Shaw C.S.; Stepto N.K. The effect of exercise-intensity on skeletal muscle stress kinase and insulin protein signaling. **PLoS One**, 9;12(2):e0171613, Feb, 2017. Disponível em: doi: 10.1371/journal.pone.0171613. PMID: 28182793; PMCID: PMC5300197. Acesso em: 17 jan. 2024.

Patarrão R.S.; Wayne Lutt W.; Paula Macedo M. Assessment of methods and indexes of insulin sensitivity. **Revista Portuguesa de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo.** 9 (1), 65-73, 2014.

Pate R.R.; Pratt M. ; Blair S.N. ; Haskell W.L. ; Macera C.A. ; Bouchard C. *et al.* Physical activity and public health—a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. **JAMA**,273(5):402–7, 1995.

Pedersen B.K. Which type of exercise keeps you young? **Curr Opin Clin Nutr Metab Care**, 22(2):167-173, Mar, 2019. Disponível em: doi: 10.1097/MCO.0000000000000546. PMID: 30640736. Acesso em: 13 set. 2023.

Pedersen B.K.; Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. **Scand J Med Sci Sports**, 25 Suppl 3:1-72, Dec, 2015. Disponível em: doi: 10.1111/sms.12581. PMID: 26606383. Acesso em: 2 fev. 2024.

Perrier-Melo R.J, Germano-Soares A.H.; Freitas Brito A.; Vilela Dantas I.; da Cunha Costa M. Post-exercise hypotension in response to high-intensity interval exercise: Potential mechanisms. **Rev Port Cardiol (Engl Ed).**, S0870-2551(21)00320-6. English, Portuguese, Aug 11 2021 Disponível em: doi: 10.1016/j.repc.2021.05.006. Epub ahead of print. PMID: 34391600. Acesso em: 10 fev. 2024.

Perrier-Melo R.J.; Costa E.C.; Farah B.Q.; Costa M.D.C. Acute Effect of Interval vs. Continuous Exercise on Blood Pressure: Systematic Review and Meta-Analysis. **Arq Bras Cardiol.**, English, Portuguese, 115(1):5-14, Jul, 2020. Disponível em: doi: 10.36660/abc.20190107. Epub 2020 Aug 7. PMID: 32401846; PMCID: PMC8384323. Acesso em: 10 fev. 2024.

Pescatello LS.; MacDonald H.V.; Lamberti L.; Johnson BT. Exercise for Hypertension: A Prescription Update Integrating Existing Recommendations with Emerging Research. **Curr Hypertens Rep.**, 17(11):87, Nov, 2015. Disponível em: doi: 10.1007/s11906-015-0600-y. PMID: 26423529; PMCID: PMC4589552. Acesso em: 10 fev. 2024.

Plante T.B.; Koh I.; Judd S.E.; Howard.; Howard V.J.; Zakai N.A.; Booth III J.N.; Safford M.M.; Muntner P.; Cushman M. **Life's Simple 7 and Incident Hypertension: The REGARDS Study.** Originally published 15 Sep 2020. Disponível em:

Poon E.T.C.; Wongpipit W.; Ho R.S.T.; Wong S.H.S. 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.**, 39:1996–2005, 2021.

Richter E.A.; Hargreaves M. Exercise, GLUT4, and skeletal muscle glucose uptake. **Physiol Rev.**, 93(3):993-1017, Jul, 2013. Disponível em: doi: 10.1152/physrev.00038.2012. PMID: 23899560. Acesso em: 23 jan. 2024.

Rocha Silva L.F.; Chaves Garcia B.C.; Mang Z.A.; Amorim F.T, Dias-Peixoto M.F, Gripp F.; Tricoli V.; Magalhães F.C. Randomized Controlled Trial to Study the Acute Effects of Strength Exercise on Insulin Sensitivity in Obese Adults. **J Vis Exp.**, 1;(202), Dec, 2023. Disponível em: doi: 10.3791/65478. PMID: 38108404. Acesso em: 18 mar. 2024.

Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Després JP, Franklin BA, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, 134:e653–99, 2016.

Ross R. ; Myers J. Cardiorespiratory fitness and its place in medicine. **Rev Cardiovasc Med.**, 24:1–14, 2023.

Rossow L. ; Yan H. ; Fahs C.A. ; Ranadive S.M. ; Agiovlasitis S. ; Wilund K.R. ; Baynard T. ; Fernhall B. Postexercise hypotension in an endurance-trained population of men and women following high-intensity interval and steady-state cycling. **Am J Hypertens.**, 23(4):358-67, Apr, 2010. Disponível em: doi: 10.1038/ajh.2009.269. Epub 2010 Jan 7. PMID: 20057359. Acesso em: 15 jan. 2024.

Sabag A.; Little J.P.; Johnson N.A. Low-volume high-intensity interval training for cardiometabolic health. **J Physiol.**, 600:1013–26, 2022.

Scott S.N.; Shepherd S.O.; Hopkins N.; Dawson E.A.; Strauss J.A.; Wright D.J.; Robert G Cooper R. G.; Kumar P.; Wagenmakers A.J.M.; Cocks M. Home-hit improves muscle capillarisation and eNOS/NAD(P)H oxidase protein ratio in obese individuals with elevated cardiovascular disease risk. **J Physiol.**, 597:4203–25, 2019.

Sedentary Behaviour Research Network. Letter to the editor: standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours". **Appl Physiol Nutr Metab.**, 37(3):540-2, Jun, 2012. Disponível em: doi: 10.1139/h2012-024. Epub 2012 Apr 27. PMID: 22540258. Acesso em 12 dez. 2023.

Sedlock D.A. Fitness level and postexercise energy expenditure. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, 34:336-341, 1994.

Sedlock D.A.; Fissinger J.A and Melby C.L. Effect of exercise intensity and duration on postexercise energy expenditure. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 21:662-666, 1989.

Shmerling R. H. **How good is your cardiometabolic health** – and what is that, anyway ? 5 factors heavily influence your risk for heart attack and stroke. August 18, 2022. Disponível em: <https://www.health.harvard.edu/blog/how-good-is-your-cardiometabolic-health-and-what-is-that-anyway-202208182803>. Acesso em: 12 dez. 2024.

Short K.R and Sedlock D.A. Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. **J. Appl. Physiol.**, 83:153-159, 1997.

Spiteri K.; Broom D.; Bekhet A. H.; De Caro J. X.; Laventure B. & Grafton, K. Barriers and Motivators of Physical Activity Participation in Middle-aged and Older-adults - A Systematic Review. **Journal of Aging and Physical Activity**, 27(4), 929–944, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1123/JAPA.2018-0343>. Acesso em: 7 dez. 2023.

Stanley D. M. Williams S. E. Cumming J. Preliminary validation of a single-item measure of exercise enjoyment: the Exercise Enjoyment Scale. **J Sport Exer Psychol** 31:S138–S139, 2009.

Start Active, Stay Active – A report on physical activity for health from the four home countries' Chief Medical Officers. London: Department of Health; 2011.

Steenberg D.E. ; Jørgensen N.B. ; Birk J.B. ; Sjøberg K.A. ; Kiens B. ; Richter E.A. ; Wojtaszewski J.F.P. Exercise training reduces the insulin-sensitizing effect of a single bout of exercise in human skeletal muscle. **J Physiol.**, 597(1):89-103, Jan, 2019. Disponível em: doi: 10.1113/JP276735. Epub. Acesso em: 19 fev. 2024.

Stokes A. ; Collins J.M. ; Grant B.F. ; Scamuffa R.F. ; Hsiao C.W. ; Johnston S.S. ; Ammann EM, Manson JE, Preston SH. Obesity Progression Between Young Adulthood and Midlife and Incident Diabetes: A Retrospective Cohort Study of U.S. Adults. **Diabetes Care.** May;41(5):1025-1031, May 2018. Disponível em: doi: 10.2337/dc17-2336. Epub 2018 Mar 5. PMID: 29506982; PMCID: PMC5911788. Acesso em: 19 fev. 2024.

Stumvoll M.; van Haefen T. ; Fritsche A.; Gerich J. Oral Glucose Tolerance Test Indexes for Insulin Sensitivity and Secretion Based on Various Availabilities of Sampling Times. **Diabetes Care.** 24 (4), 796–797, 2001. Disponível em: doi: 10.2337/diacare.24.4.796. Acesso em: 19 fev. 2024.

Sultana R.N.; Sabag A.; Keating S.E.; Johnson N.A. The Effect of Low-Volume High-Intensity Interval Training on Body Composition and Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review

and Meta-Analysis. **Sports Med.**, 49(11):1687-1721, Nov, 2019. Disponível em: doi: 10.1007/s40279-019-01167-w. PMID: 31401727. Acesso em: 12 dez. 2023.

Tabata I.; Nishimura K.; Kouzaki M.; Hirai Y.; Ogita F.; Miyachi M.; Yamamoto K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. **Med Sci Sports Exerc.**, 28(10):1327-30, Oct, 1996. Disponível em: doi: 10.1097/00005768-199610000-00018. PMID: 8897392. Acesso em: 15 dez. 2023.

Thompson P.D.; Crouse S.F.; Goodpaster B.; Kelley D.; Moyna N.; Pescatello L. The acute versus the chronic response to exercise. **Med Sci Sports Exerc.**, 33(6):S438–45, 2001.
Thompson W.R. Worldwide survey of fitness trends for 2022. **ACSMs Health Fit J.**, 26:11–20, 2022.

Tschakert G. e P. Hofmann. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. **Int J Sports Physiol Perform**, v.8, n.6, Nov, p.600-10. 2013.

Tucker W.J. ; Angadi S.S. ; Gaesser G. A. Excess Postexercise Oxygen Consumption After High-Intensity and Sprint Interval Exercise, and Continuous Steady-State Exercise. **J Strength Cond Res.**, 30(11):3090-3097, Nov, 2016.

Valenzuela P.L.; Carrera-Bastos P.; Castillo-García A.; Lieberman D.E.; Santos-Lozano A.; Lucia A. Obesity and the risk of cardiometabolic diseases. **Nat Rev Cardiol.**, 20(7):475-494, Jul, 2023. Disponível em: doi: 10.1038/s41569-023-00847-5. Epub 2023 Mar 16. PMID: 36927772. Acesso em: 23 nov. 2023.

Valstad S.A.; Erna von Heimburg.; Ev Welde B.; Tillaar Rvd. Comparison of Long and Short High-Intensity Interval Exercise Bouts on Running Performance, Physiological and Perceptual Responses. **Sports Medicine International Open**, 2: E20–E27, 2018.

Warburton D.E.; Nicol C.W.; Bredin S.S. Health benefits of physical activity: the evidence. **CMAJ.**,174(6):801–9, 2006.

Warren A.; Howden E.J.; Williams A.D.; Fell J.W.; Johnson N.A. Postexercise fat oxidation: effect of exercise duration, intensity, and modality. **Int J Sport Nutr Exerc Metab.**,19(6):607-23, Dec, 2009. Disponível em: doi: 10.1123/ijsnem.19.6.607. PMID: 20175430. Acesso em: 19 nov. 2023.

Washington D.C. **Physical Activity Guidelines Advisory Committee**. Physical activity guidelines advisory committee report. Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services; 2008.

Weston K.S.; Wisløf U.; Coombes J.S. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. **Br J Sports Med.**, 48:1227–34, 2014.

Whelton P.K.; He J.; Appel L.J.; Cutler J.A.; Havas S.; Kotchen T.A.; Roccella E.J.; Stout R.; Vallbona C.; Winston M.C.; Karimbakas J. National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. Primary prevention of hypertension: clinical and public health advisory from The National High Blood Pressure Education Program. **JAMA**,

16;288(15):1882-8, Oct, 2002. Disponível em: doi: 10.1001/jama.288.15.1882. PMID: 12377087. Acesso em: 23 nov. 2023.

Wilmot E.G.; Edwardson C.L.; Achana F.A.; Davies M.J.; Gorely T.; Gray L.J.; Khunti K.; Yates T.; Biddle S.J. Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease, and death: systematic review and meta-analysis. **Diabetologia**, 55(11):2895-905, Nov, 2012. Disponível em: doi: 10.1007/s00125-012-2677-z. Epub 2012 Aug 14. Erratum in: *Diabetologia*. 2013 Apr;56(4):942-3. Acesso em: 23 jan. 2024.

Zouhal H.; Jacob C.; Delamarche P.; Gratas-Delamarche A. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. **Sports Med.**, 38(5):401-23, 2008. Disponível em: doi: 10.2165/00007256-200838050-00004. PMID: 18416594. Acesso em: 20 nov. 2023.

ANEXO A - Questionário de prontidão para atividade física

Voluntário: _____ ID _____

PAR Q & VOCÊ

O PAR Q foi elaborado para auxiliar você se auto-ajudar. Os exercícios praticados regularmente estão associados a muitos benefícios de saúde. Completar o PAR Q representa o primeiro passo racional a ser tomado, caso você esteja interessado a aumentar a quantidade de atividade física em sua vida. Para a maioria dos indivíduos, a atividade não deve trazer qualquer problema ou prejuízo. O PAR Q foi elaborado para ajudar a identificar o pequeno número de adultos, para quem a prática de exercícios pode ser inadequada ou aqueles que devem buscar aconselhamento médico acerca do tipo de atividade que seria mais apropriado para eles. O bom senso é a melhor tática a ser adotada para responder a estas perguntas. Por favor, leia-as com atenção e marque SIM ou NÃO nos parênteses correspondentes que antecedem cada pergunta, caso esta se aplique a você.

SIM NÃO

- () () O seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta um problema cardíaco?
- () () Você apresenta dores no peito com frequência?
- () () Você apresenta episódios frequentes de tonteira ou sensação de desmaio?
- () () Seu médico já lhe disse alguma vez que sua pressão sanguínea era muito alta?
- () () Seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta algum problema ósseo ou articular como uma artrite, que tenha sido agravado pela prática de exercícios, ou que possa ser por eles agravado?
- () () Existe alguma boa razão física, não mencionada aqui, para que você não siga um programa de atividade física, se desejar fazê-lo?
- () () Você tem mais de 65 anos e não está acostumado a se exercitar vigorosamente?

Assinatura: _____

Data: ___/___/_____

ANEXO B – Registro alimentar de três dias

Nome: _____ Data: _____

Idade: _____ Sexo: _____ Telefone: _____

E-Mail: _____

	Horários	Alimentos	Medidas caseiras	Obs.
Refeição 1				
Refeição 2				
Refeição 3				
Refeição 4				
Refeição 5				
Refeição 6				
Refeição 7				

Assinatura: _____

ANEXO C – Escala de Prazer do Exercício. Adaptado Stanley *et al.*, 2009.

ESCALA DE PRAZER DO EXERCÍCIO (EES)
--

7	Extremo
6	Muito alto
5	Bastante
4	Moderado
3	Leve
2	Muito baixo
1	Nem um pouco

APÊNDICE – A - QUESTIONÁRIO PRÉ-PARTICIPAÇÃO adaptado (ACSM, 2019:25)

1.1-CONDIÇÕES OU PROBLEMAS DE SAÚDE

- TEM OU JÁ TEVE PROBLEMA DO CORAÇÃO
 JÁ FEZ CIRURGIA DO CORAÇÃO
 HIPERTENSÃO
 DIABETES
 ASMA OU DOENÇA PULMONAR
 PROBLEMA MUSCULAR QUE LIMITA A ATIVIDADE FÍSICA
 PROBLEMA ÓSSEO OU ARTICULAR QUE LIMITA A ATIVIDADE FÍSICA
 GRÁVIDA
 ALGUMA OUTRA CONDIÇÃO DE SAÚDE QUE LIMITE A ATIVIDADE FÍSICA

1.2-SINTOMAS

- sente desconforto no peito com esforço (sugestivo de algo relacionado ao coração)
 sente falta de ar sem nenhuma explicação no repouso ou atividade física (sugestivo coração/respiratório)
 Tonturas ou desmaios (labirintite ou algo que possa colocar a pessoa em risco durante o exercício)
 Você sente inchaço no tornozelo (sugestivo de problemas na circulação)
 Você toma medicamentos para o coração ou para a pressão arterial (anotar nome da medicação)

Observações: caso a pessoa tome outros tipos de medicamento anote o nome aqui: _____

SE ATÉ AQUI VC RESPONDEU UM SIM VC DEVE PROCURAR UM MÉDICO E SOLICITAR LIBERAÇÃO P/ EXERCÍCIO

1.3-FATORES DE RISCO

- homem há 45 anos
 mulher de 55 anos
 fuma ou para de fumar nos últimos 6 meses
 Sua pressão arterial é igual ou maior que 140/90 mm Hg
 Você não conhece sua pressão arterial
 Você toma remédio para pressão arterial
 O seu nível de colesterol no sangue é de 200 mg dL ou mais
 Você não sabe o seu nível de colesterol
 Você tem um parente próximo que teve um ataque cardíaco ou cirurgia cardíaca antes da idade 55 (pai ou irmão) ou 65 anos (mãe ou irmã)
 Você é fisicamente inativo (ou seja, você faz menos de 30 min de atividade física em pelo menos 3 dias por semana)
 Você tem um índice de massa corporal igual ou maior que 30 kg m²
 Você tem pré-diabetes
 Você não sabe se tem pré-diabetes

AVALIADOR: _____

PARTICIPANTE: _____ **DATA:** __/__/__

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa intitulada: “**Comparação do dispêndio energético e do Consumo Excessivo de Oxigênio Pós-exercício (EPOC) em resposta a um exercício intervalado de alta intensidade realizado em uma única sessão versus três sessões mais curtas ao longo de um dia em indivíduos de meia-idade**”, em virtude de praticar atividade física regularmente e não fumar. O projeto é coordenado pelo professor Marco Fabrício Dias Peixoto e contará ainda com o aluno de doutorado Gilton de Jesus Gomes e a colaboração do professores Fernando Joaquim Gripp Lopes e Flávio de Castro Magalhães.

A sua participação não é obrigatória sendo que, a qualquer momento da pesquisa, você poderá desistir e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo para sua relação com o pesquisador ou com a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). De acordo com a Resolução 466/12-UFVJM, Item IV. 3, d “garantia de plena liberdade ao participante da pesquisa de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma”. Existe também a possibilidade dos pesquisadores responsáveis por este projeto decidir sobre a sua exclusão do estudo por razões científicas, a respeito das quais você deverá ser devidamente informado.

Em qualquer momento se você sofrer algum dano, comprovadamente decorrente desta pesquisa, terá direito à indenização, assistência integral e imediata, de forma gratuita pelo tempo que for necessário, de acordo com a resolução 466/12 – Item IV. 3.h.

Os objetivos desta pesquisa são: comparar o dispêndio energético entre um exercício intervalado de alta intensidade realizado em uma única sessão *versus* três sessões mais curtas ao longo de um dia (“*Exercise Snacks*”) em indivíduos de meia-idade.

Caso você decida aceitar o convite, sua participação consistirá na realização de testes na bicicleta ergométrica, nas quais você terá que pedalar com determinada carga em tempos predeterminados em uma rotação por minuto indicada. Para avaliar a quantidade de gordura em seu corpo, você se deitará em uma maca vestindo apenas um calção ou short e top e seu corpo será escaneado por um aparelho que emite raios indolores e inofensivos para sua saúde. Ademais serão feitas medidas do seu peso e altura. Além disso, você será submetido a exames de sangue em um laboratório de análises clínicas de Diamantina. Você não terá nenhum gasto com os exames, e eles ocorrerão em datas e horários combinados de acordo com sua disponibilidade. Você deverá comparecer ao laboratório após fazer um jejum noturno de 12 horas. Será feita a coleta de uma pequena quantidade de sangue com você em jejum. Posteriormente, você receberá uma bebida rica em açúcar e após tomar essa bebida serão coletadas pequenas quantidades de sangue a cada 30 minutos durante um período de 2 horas. Dessa forma, serão realizadas 5 coletas de sangue nesse dia.

Também será avaliada a sua pressão arterial e o comportamento da sua frequência cardíaca durante o repouso e após o exercício físico.

Durante toda a sua participação no estudo você será supervisionado por uma nutricionista que registrará a sua dieta alimentar. Este acompanhamento será feito por meio da aplicação de questionários específicos. Estas avaliações serão feitas antes, durante e após as fases desta pesquisa.

Todos os dados coletados serão confidenciais e sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma. Somente os pesquisadores envolvidos no projeto terão acesso aos dados, que serão utilizados apenas para fins de pesquisa e divulgação científica em congressos, livros e revistas.

O tempo previsto para a sua participação é de aproximadamente de 5 a 6 semanas, incluindo seis visitas, uma a duas vezes por semana ao laboratório de pesquisa, com duração aproximada de 30 a 60 minutos e três visitas a um laboratório de análises clínicas da cidade, uma vez por semana com duração de aproximadamente 120 minutos.

Os riscos relacionados com sua participação são relacionados com o exercício físico: lesões nos músculos e ossos, náuseas, vertigens, dores musculares e articulares após o exercício. Poderá ocorrer desconforto respiratório pelo uso da máscara do espirômetro, no entanto, para minimizar esse desconforto, durante a etapa de familiarização e antes de cada protocolo de exercício, o participante utilizará a máscara por um período de 10 minutos para adaptação ao equipamento antes do início das atividades. Estas situações são raras e você será acompanhado todo o tempo por profissionais treinados. Também existe risco de hematomas decorrentes da coleta de sangue e de desmaio ou tontura durante o procedimento. A coleta de sangue será realizada em ambiente adequado, com materiais descartáveis, e por profissional devidamente treinado. As avaliações serão feitas em salas especificamente reservadas para tal fim e estarão presentes somente pessoas da equipe de pesquisa necessárias naquele momento. Qualquer desconforto durante e após os exercícios deverá ser avisado aos pesquisadores para que estes possam tomar as providências devidas (interromper o treinamento, encaminhar você para o médico ou fisioterapeuta). Em caso de acontecimentos de maior necessidade durante a realização das atividades de pesquisa, será acionado por telefone o serviço médico de emergência do Corpo de Bombeiros ou Sistema de Atendimento Médico de Urgência (SAMU) e o participante será acompanhado por um membro da equipe de pesquisa que dará todo o suporte necessário e possível até a resolução do eventual acontecimento. A sala de treinamento e avaliações, no Campus II, conta também com um sistema de desfibrilação externo automático (DEA) e membros da equipe do projeto terão treinamento para utilização deste equipamento caso necessário (suporte básico de vida). Durante as situações experimentais os voluntários serão continuamente monitorados (frequência cardíaca), o que permitirá a detecção de alterações que possam trazer prejuízo aos voluntários, permitindo, se necessário, interromper o procedimento.

Com a participação no estudo você será beneficiado com informações sobre a sua saúde e com a melhora de sua condição física e mental devido ao programa de exercícios. Não está prevista qualquer forma de remuneração (pagamento) para você. Você também não terá nenhum gasto com sua participação nesta pesquisa (todos os exames/consultas serão arcados pelo projeto).

Você receberá uma via deste termo onde constam o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sobre sua participação agora ou em qualquer momento.

Coordenador(a) do Projeto _____

Endereço _____

Telefone _____

Declaro que entendi os objetivos, a forma de minha participação, riscos e benefícios da mesma e aceito o convite para participar. Autorizo a publicação dos resultados da pesquisa, a qual garante o anonimato e o sigilo referente à minha participação.

Nome do participante da pesquisa: _____

Assinatura do participante da pesquisa: _____

Informações – Comitê de Ética em Pesquisa da UFVJM

Rodovia MGT 367 - Km 583 - nº 5000 - Alto da Jacuba

Diamantina/MG CEP: 39.100-000

Tel.: (38) 3532-1240

Coordenador: Prof. Fábio Luiz Mendonça Martins

Secretária: Leila Adriana Gaudencio Sousa

Email: cep.secretaria@ufvjm.edu.br

Termo de livre consentimento pós-informado

Eu discuti os riscos e benefícios da minha participação no estudo intitulado **Comparação do dispêndio energético e do Consumo Excessivo de Oxigênio Pós-exercício (EPOC) em resposta a um exercício intervalado de alta intensidade realizado em uma única sessão versus três sessões mais curtas ao longo de um dia em indivíduos de meia-idade**” com os pesquisadores envolvidos. Eu li e compreendi todos os procedimentos que envolvem esta pesquisa e tive tempo suficiente para considerar a minha participação no estudo. Eu perguntei e obtive as respostas para todas as minhas dúvidas. Eu sei que posso me recusar a participar deste estudo ou que posso abandoná-lo a qualquer momento sem qualquer constrangimento. Eu também compreendo que os pesquisadores podem decidir a minha exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais eu serei devidamente informado. Tenho uma cópia deste formulário, o qual foi assinado em duas vias idênticas e rubricadas.

Portanto, aqui forneço o meu consentimento para participar do estudo intitulado **Comparação do dispêndio energético e do Consumo Excessivo de Oxigênio Pós-exercício (EPOC) em resposta a um exercício intervalado de alta intensidade realizado em uma única sessão versus três sessões mais curtas ao longo de um dia em indivíduos de meia-idade.**

durante todos os testes realizados.

Diamantina, _____ de _____ 2022.

Assinatura do voluntário: _____

Testemunha: _____

Testemunha: _____

Declaro que expliquei todos os objetivos, benefícios e riscos deste estudo ao voluntário, dentro dos limites de meus conhecimentos científicos.

Pesquisador responsável: _____

Informações – Comitê de Ética em Pesquisa da UFVJM

Rodovia MGT 367 - Km 583 - nº 5000 - Alto da Jacuba

Diamantina/MG CEP: 39.100-000

Tel.: (38) 3532-1240

Coordenador: Prof. Fábio Luiz Mendonça Martins

Secretária: Leila Adriana Gaudencio Sousa

Email: cep.secretaria@ufvjm.edu.br