

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

OTÁVIO AUGUSTO MAÇAIS PEREIRA

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE TREINAMENTO
CONCORRENTE SOBRE O CONSUMO EXCESSIVO DE OXIGÊNIO PÓS
EXERCÍCIO (EPOC)**

ALFENAS/MG

2026

OTÁVIO AUGUSTO MAÇAIS PEREIRA

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE TREINAMENTO
CONCORRENTE SOBRE O CONSUMO EXCESSIVO DE OXIGÊNIO PÓS
EXERCÍCIO (EPOC)**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação, pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências da Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Wonder Passoni Higino.

ALFENAS/MG

2026

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Unidade Educacional Santa Clara

Pereira, Otávio Augusto Maçais.

Influência de Diferentes Protocolos de Treinamento Concorrente Sobre o Consumo Excessivo de Oxigênio Pós Exercício (EPOC) / Otávio Augusto Maçais Pereira. - Alfenas, MG, 2026.

76 f. : il. -

Orientador(a): Wonder Passoni Higino.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2026.

Bibliografia.

1. EPOC. 2. Treinamento concorrente. 3. Zona de interferência. 4. Consumo de oxigênio. 5. Percepção subjetiva de esforço. I. Higino, Wonder Passoni, orient. II. Título.

OTÁVIO AUGUSTO MAÇAIS PEREIRA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE TREINAMENTO CONCORRENTE SOBRE O CONSUMO EXCESSIVO DE OXIGÊNIO PÓS EXERCÍCIO (EPOC)

O Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação da Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Avaliação e Intervenção em Ciências da Reabilitação.

Aprovada em: 25 de fevereiro de 2026.

Prof. Dr. Wonder Passoni Higinio

Presidente da Banca Examinadora

Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL/MG

Profa. Dra. Fernanda Rossi Paolillo

Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG/MG

Prof. Dr. Autran José da Silva Júnior

Instituição: Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé



Documento assinado eletronicamente por **WONDER PASSONI HIGINIO, Usuário Externo**, em 25/02/2026, às 15:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1729672** e o código CRC **326C4CB5**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Câmpus Muzambinho pela possibilidade de realização desta pesquisa. Ao meu orientador por todo o cuidado, paciência, e ensinamentos. A minha família que sempre está junto comigo diante de todas as tribulações. Por fim, sou grato também a todos os meus amigos, colegas e voluntários, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. A presente pesquisa foi realizada com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 com número de processo: 23087.019646/2023-58

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo verificar a influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre o excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC), usando como referência as zonas de interferência. Participaram do estudo dezesseis adultos jovens do sexo masculino (idade: $23,40 \pm 2,87$ anos; massa corporal total: $76,90 \pm 10,1$ kg; estatura: $174,00 \pm 4,94$ cm), os quais realizaram, de forma aleatória, duas sessões de treinamento concorrente: uma realizada dentro da zona de interferência (DZI) e outra fora da zona de interferência (FZI). O consumo de oxigênio (VO_2) foi mensurado em repouso e durante 30 minutos após o exercício, em intervalos sucessivos de cinco minutos, sendo também analisada a média do consumo ao longo de todo o período pós-esforço. Os resultados demonstraram que, na sessão DZI, o VO_2 foi significativamente maior em relação ao repouso nos primeiros dez minutos pós-exercício (0–5 e 5–10 min; $p \leq 0,05$), enquanto, na sessão FZI, esse aumento significativo ocorreu apenas no intervalo de 0–5 min. Em ambas as sessões, o maior consumo de oxigênio foi observado no intervalo imediatamente após o exercício (0–5 min), com reduções significativas nos intervalos subsequentes. Além disso, o VO_2 foi significativamente maior na sessão DZI em comparação à FZI nos dois primeiros intervalos de tempo (0–5 e 5–10 min; $p \leq 0,05$). Ao considerar os 30 minutos de recuperação, o consumo médio de oxigênio foi significativamente superior ao repouso em ambas as sessões ($p \leq 0,05$), sendo também maior na sessão DZI quando comparada à sessão FZI. Em relação às variáveis que caracterizam as sessões de treinamento, observaram-se diferenças significativas entre DZI e FZI para o tempo total de sessão, a frequência cardíaca máxima e a percepção subjetiva de esforço, enquanto a carga total de trabalho do treinamento de força e a frequência cardíaca média não diferiram entre as sessões. Conclui-se que a realização do treinamento concorrente dentro da zona de interferência promove maior magnitude do EPOC, podendo potencializar o gasto energético pós-exercício, enquanto sessões realizadas fora da zona de interferência podem ser mais adequadas quando o objetivo está relacionado à performance física.

Palavras-chave: EPOC; treinamento concorrente; zona de interferência; consumo de oxigênio; percepção subjetiva de esforço.

ABSTRACT

The present study aimed to investigate the influence of different concurrent training protocols on excess post-exercise oxygen consumption (EPOC), using the interference zones as a reference. Sixteen young adult men participated in the study (age: 23.40 ± 2.87 years; total body mass: 76.90 ± 10.1 kg; height: 174.00 ± 4.94 cm), performing, in a randomized order, two concurrent training sessions: one conducted within the interference zone (DZI) and another outside the interference zone (FZI). Oxygen consumption (VO_2) was measured at rest and during 30 minutes of post-exercise recovery, in successive five-minute intervals, and the mean oxygen consumption over the entire post-exercise period was also analyzed. The results showed that, in the DZI session, VO_2 was significantly higher than rest during the first ten minutes of recovery (0–5 and 5–10 min; $p \leq 0.05$), whereas in the FZI session this significant increase occurred only during the 0–5 min interval. In both sessions, the highest oxygen consumption was observed immediately after exercise (0–5 min), followed by significant reductions in subsequent intervals. In addition, VO_2 was significantly higher in the DZI session compared with the FZI session during the first two time intervals (0–5 and 5–10 min; $p \leq 0.05$). When considering the 30-minute recovery period, mean oxygen consumption remained significantly higher than rest in both sessions ($p \leq 0.05$) and was also greater in the DZI session compared with the FZI session. Regarding the training session characteristics, significant differences between DZI and FZI were observed for total session duration, maximal heart rate, and rating of perceived exertion, whereas total strength training workload and mean heart rate did not differ between sessions. It can be concluded that performing concurrent training within the interference zone elicits a greater magnitude of EPOC, potentially enhancing post-exercise energy expenditure, whereas sessions performed outside the interference zone may be more appropriate when the primary goal is physical performance.

Keywords: EPOC; concurrent training; interference zone; oxygen consumption; rating of perceived exertion.

LISTA DE ABREVIATURAS

ACSM	American College of Sports Medicine
ADP	Adenosina Difosfato
AMP	Adenosina Monofosfato
AMPK	Proteína-quinase ativada por AMP (AMP-activated protein kinase)
ATP	Trifosfato de Adenosina
CeCAES	Centro de Ciências Aplicadas à Educação e Saúde
eEF2	Fator de alongamento eucariótico 2
EPOC	Excesso de Consumo de Oxigênio Pós-Exercício
FC	Frequência Cardíaca
GED	Gasto Energético Diário
FZI	Grupo Fora da Zona de Interferência
DZI	Grupo Dentro da Zona de Interferência
LABFEX	Laboratório de Bioquímica e Fisiologia do Exercício
LACONF	Laboratório de Condicionamento Físico
LAn	Limiar Anaeróbico
LV1	Primeiro Limiar Ventilatório
MG	Massa de Gordura
MCT	Massa Corporal Total
MME	Massa Muscular Esquelética
mTOR	Proteína-alvo da Rapamicina em Mamíferos
PAR-Q	Physical Activity Readiness Questionnaire
PETO ₂	Pressão Expirada de Oxigênio
PETCO ₂	Pressão Parcial Expirada de Dióxido de Carbono
PI3K	Fosfoinosítideo 3-quinase
PKB	Proteína-quinase B (também conhecida como Akt)
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
RM	Repetições Máximas
RER	Razão de Troca Respiratória (Respiratory Exchange Ratio)
S6K1	Proteína quinase S6
TC	Treinamento Concorrente
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TSC	Complexo de Esclerose Tuberosa
VO ₂	Consumo de Oxigênio
VO ₂ max	Consumo Máximo de Oxigênio
vVO ₂ max	Velocidade associada ao VO ₂ max

SUMÁRIO

PREFÁCIO.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
4 METODOLOGIA.....	17
4.1 TIPO DE ESTUDO.....	18
4.2 AMOSTRA.....	18
4.3 DESENHO EXPERIMENTAL.....	18
4.4 PROTOCOLOS.....	20
4.4.1 Antropometria.....	20
4.4.2 Teste incremental.....	21
4.4.3 Determinação e equalização de cargas máximas.....	22
4.4.4 Determinação do EPOC.....	22
4.4.5 Sessão de treino concorrente dentro da zona de interferência (DZI).....	23
4.4.6 Sessão de treino concorrente fora da zona de interferência (FZI).....	24
4.4.7 Escala de Percepção de Esforço (PSE).....	24
4.4.8 Aquecimento padronizado.....	25
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	25
5 RESULTADOS.....	26
6 DISCUSSÃO.....	32
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).	41
APÊNDICE B – TERMO DE RESPONSABILIDADE DOS PESQUISADORES.....	45
ANEXO I – PAR-Q - QUESTIONÁRIO ATIVIDADE FÍSICA.....	46
ANEXO II – ESCALA DE BORG (ESCALA SUBJETIVA DE ESFORÇO - PSE).....	47
ANEXO III – COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP).....	48
ANEXO IV – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA CIENTÍFICA - JSCR.....	53

PREFÁCIO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, inserido no contexto das investigações contemporâneas relacionadas às respostas fisiológicas ao exercício físico e à organização do treinamento concorrente. Nas últimas décadas, a literatura científica tem buscado compreender as interações entre exercícios aeróbios e resistidos, especialmente no que se refere ao conceito de zona de interferência e seus impactos sobre adaptações metabólicas, desempenho físico e recuperação pós-exercício. Nesse cenário, a análise do excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC) apresenta-se como uma abordagem relevante para compreender as demandas energéticas e metabólicas decorrentes de diferentes estratégias de prescrição do treinamento.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, diversas atividades acadêmicas e científicas contribuíram para o fortalecimento da formação em pesquisa, ensino e extensão. Entre os produtos resultantes destacam-se a condução de um ensaio clínico submetido à revista *The Journal of Strength and Conditioning Research*, a publicação de resumo em anais decorrente da apresentação de pôster em congresso da área de Educação Física, bem como a apresentação de dois pôsteres em eventos científicos nacionais e internacionais. Adicionalmente, a experiência em docência durante o estágio obrigatório e a participação em grupo de estudos voltado à discussão científica favoreceram o aprofundamento teórico-metodológico e o desenvolvimento de competências relacionadas à análise crítica, comunicação científica e aplicação prática do conhecimento.

O estudo está vinculado às atividades de pesquisa conduzidas pelo docente orientador, Prof. Dr. Wonder Passoni Higino, cuja linha de investigação contempla o processo de avaliação, prevenção e reabilitação das disfunções neurológicas, cardiorrespiratórias, vasculares e metabólicas, bem como a análise de variáveis relacionadas à prescrição do treinamento aeróbio, anaeróbio e de força e suas inter-relações. Nesse contexto, a presente dissertação contribui para o avanço do conhecimento acerca das respostas metabólicas agudas ao treinamento concorrente, integrando aspectos da fisiologia do exercício com aplicações práticas voltadas à reabilitação, desempenho e promoção da saúde.

Do ponto de vista científico e social, os resultados deste estudo apresentam potencial impacto ao fornecer evidências que auxiliam na tomada de decisão baseada em evidências na prescrição do exercício físico. Sob uma perspectiva aplicada, os achados indicam que a organização das sessões de treinamento concorrente exerce influência relevante sobre as respostas metabólicas pós-exercício. Protocolos realizados dentro da zona de interferência

podem representar uma estratégia eficaz quando o objetivo principal é aumentar o gasto energético total e a demanda metabólica pós-exercício, especialmente em contextos voltados à saúde. Por outro lado, sessões realizadas fora da zona de interferência podem ser mais apropriadas quando o foco principal está relacionado ao desempenho físico, uma vez que podem minimizar interações negativas entre estímulos aeróbios e de força. Dessa forma, a aplicação prática do conceito de zona de interferência deve considerar de maneira integrada os objetivos do treinamento, a população-alvo e as características específicas do protocolo adotado.

Em termos acessíveis ao público leigo, esta dissertação investigou como diferentes formas de organizar exercícios aeróbios e de força influenciam o funcionamento do corpo após o término do treino. O estudo analisou como o organismo continua consumindo oxigênio durante a recuperação e como essa resposta varia conforme a organização das sessões de exercício. Os resultados ajudam a compreender quais estratégias de treino podem aumentar o gasto energético e melhorar a eficiência da prescrição do exercício físico, contribuindo tanto para objetivos de saúde quanto para o desempenho físico.

Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2800588951636463>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5968-6854>

1 INTRODUÇÃO

O condicionamento físico é um processo sistematizado, que utiliza o exercício físico como uma ferramenta para promover adaptações morfológicas e funcionais no indivíduo. Nesse sentido, os estímulos motores de características submáximas e de longa duração, que utilizam grandes grupamentos musculares, são denominados de exercícios aeróbios. A sua prática necessita predominantemente de oxigênio para a produção energética e está relacionado com o aumento do volume máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$), que por sua vez, também provoca melhorias em índices submáximos, como o limiar anaeróbio (LAN). Por outro lado, ao realizar exercícios de curta duração e alta intensidade, os sistemas anaeróbios de conversão de energia são majoritariamente acionados, e geram como resultado o aumento de força, hipertrofia, resistência e potência muscular (Gobbi; Villar; Zago, 2005; Simões *et al.*, 2022).

Dessa maneira, os dois modos de exercício devem ser incluídos em um programa de treinamento, respeitando a frequência adequada de cada um. Para isso, nos últimos anos a

junção do treino aeróbio e resistido em uma única sessão ou microciclo de treinamento, denominado de treinamento combinado, vem ganhando destaque, pois este pode ser uma solução prática para o cumprimento das diretrizes de programas de saúde e de alto rendimento, além de trazer economia de tempo e espaço e a redução na monotonia do treino (Nuñez *et al.*, 2020).

Nesse contexto, de acordo com Simões *et al.* (2022), o treinamento combinado tem se mostrado altamente benéfico, especialmente pelas diversas adaptações cardiorrespiratórias e de força muscular que promove. No entanto, fatores como o nível de condicionamento do indivíduo, a ordem das atividades, o tempo dedicado a cada tipo de exercício, a intensidade dos estímulos, entre outros elementos, podem ocasionar interferências entre os diferentes tipos de treinamento. Por isso, o treinamento combinado é também conhecido como treinamento concorrente (TC), justamente por envolver a combinação de modalidades que podem interagir entre si de forma positiva ou negativa.

Diante disso, Docherty e Sporer (2000), sugeriram uma zona de interferência, na qual é baseada na intensidade dos estímulos de força e aeróbio. Para os autores, este fenômeno ocorreria entre 95 e 100% da intensidade associada ao $VO_2\text{max}$, para o aeróbio e, intensidade correspondente entre 8 e 10 repetições máximas para o exercício resistido. Porém, para Jones (2014), a ocorrência deste mecanismo é multifatorial. Segundo o autor, deve-se levar em consideração a frequência semanal de treinamento aeróbio, a proximidade entre os treinos, a modalidade escolhida (corrida, ciclismo, remo, etc.) e a ordem de execução dos modos de exercício.

Além dos fatores de interferência já mencionados, variáveis como o nível de condicionamento físico do indivíduo, o tipo e a intensidade da atividade, a duração do exercício e as condições do ambiente também podem influenciar o excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC) ao término de uma sessão de treino. O EPOC representa o período em que o organismo mantém um consumo de oxigênio e gasto energético acima dos níveis de repouso, mesmo após o término do exercício. Esse fenômeno reflete a energia necessária para restaurar processos fisiológicos aos níveis basais (como ressíntese de ATP, remoção de lactato e reequilíbrio hormonal), contribuindo significativamente para o cálculo do gasto calórico total associado à atividade realizada (Jiang *et al.*, 2024). Nesse contexto, Nuñez *et al.*, (2020) observaram que a ordem entre dois protocolos, seja aeróbio seguido de força, força seguido de aeróbio, ou uma combinação alternada entre ambos pode afetar o EPOC, bem como outras respostas fisiológicas.

Portanto, ao melhorar a prescrição do TC, é possível otimizar as respostas metabólicas, o que pode significar um aumento do gasto calórico durante uma sessão ou rotina de treinamento. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é verificar a influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre o EPOC, utilizando como referência as zonas de interferência propostas por Docherty e Sporer (2000).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre o excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC), utilizando como referência a organização das sessões em zonas de interferência.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Verificar a influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre o EPOC, ao longo do tempo de análise (0'-5', 5'-10', 10'-15', 15'-20', 20'-25' e 25'-30');
- b) Verificar a influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre a média de consumo de oxigênio calculado durante 30' de análise no pós esforço;
- c) Verificar a relação entre EPOC e carga interna (PSE) das sessões de treinamento concorrente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O corpo humano é capaz de se adaptar, seja a fatores ambientais, estilo de vida, cultura ou sociedade. Pensando na fisiologia humana, mais especificamente no tecido muscular, essas adaptações dependem diretamente do estímulo aplicado. Um exercício, por exemplo, funciona como um estresse controlado, o músculo reage, criando condições para suportar a tarefa. No entanto, existe diferença de acordo com o tipo de estímulo aplicado, pois cada um desencadeia uma resposta específica no organismo. Sendo assim, as atividades resistidas causam aumentos na força, hipertrofia, resistência e potência muscular, enquanto que

exercícios aeróbios trazem como adaptações o aumento da densidade mitocondrial e $VO_2\text{max}$ (Simões, 2022).

O exercício aeróbio é capaz de promover diversas adaptações ao organismo humano. Ao realizá-lo, aumentos no $VO_2\text{max}$ podem ser observados. Este é o melhor índice que representa a potência aeróbia máxima, ou seja, a maior quantidade de energia produzida por unidade de tempo. Além disso, outros índices relacionados com a resposta ao lactato sanguíneo também são incrementados. Estes são os que melhor definem a capacidade aeróbia, ou, a quantidade total de energia que pode ser entregue pelo metabolismo aeróbio durante uma atividade de longa duração (Caputo *et al.*, 2009).

Por sua vez, o treino resistido, quando inserido em um contexto de um programa de condicionamento físico, oferece múltiplos benefícios para a saúde, dentre eles: melhora do sistema cardiovascular, diminuição de riscos para doenças crônicas não transmissíveis, prevenção de sarcopenia e osteoporose, auxílio no controle da composição corporal, além de outros benefícios para o bem-estar do indivíduo. Para atingir esses objetivos, é necessário adesão a um programa, no qual leva em consideração os seguintes princípios: a sobrecarga progressiva, especificidade e variação. Além disso, o grau de melhoria depende do nível de condicionamento do sujeito e de sua genética (ACSM, 2009).

Nesse sentido, vê-se a importância da adesão dos dois tipos de exercício em um programa de treinamento físico, respeitando a frequência adequada de cada modo. Por isso, nos últimos anos a realização de exercícios aeróbios e resistidos em uma única sessão de treino ou microciclo de treinamento tem sido difundida e denominada de treinamento combinado, e tem-se destacado como uma estratégia eficiente, pois, essa abordagem oferece várias vantagens, as quais destacam-se: otimização do tempo e do espaço, a diminuição da monotonia e complementaridade das adaptações fisiológicas (Nuñez, 2020).

Sendo assim, diante dos fatores apresentados, pode-se observar inúmeros benefícios do treinamento combinado. Entretanto, esse tipo de treinamento pode também ser chamado de treinamento concorrente. O efeito de concorrência está intimamente ligada a múltiplos fatores, tais como o nível de aptidão física do indivíduo, a ordem de execução das sessões e a distribuição de volume e intensidade. Essa complexa interação justifica a terminologia concorrente, a qual explicita precisamente a coexistência de modalidades com potencial para agregar quanto para comprometer os resultados dependendo da prescrição estabelecida (Simões, 2022).

Historicamente, o estudo pioneiro em relação ao TC foi de Hickson (1980), o qual comparou três grupos: força, aeróbio e força mais aeróbio. O autor submeteu os grupos a um

período de 10 semanas de treinamento, verificando aumento da força ao longo das semanas com um pico por volta da 7ª e 8ª semana, seguido por uma redução na 9ª e 10ª. Além disso, o autor viu que o TC não teve respostas hipertróficas, diferentemente do grupo que treinou apenas força muscular. Em relação aos ganhos de $VO_2\text{max}$, os grupos que fizeram o TC e treino aeróbio tiveram os maiores resultados.

Desde o estudo pioneiro de Hickson (1980), o fenômeno da interferência no treinamento concorrente (TC) tem sido amplamente investigado por pesquisadores interessados em entender seus efeitos sobre adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias. De acordo com a meta-análise de Wilson *et al.* (2012), que utilizou o tamanho de efeito para comparar as diferenças em algumas capacidades físicas, foi observado que o treino concorrente preserva a maioria dos ganhos de força e hipertrofia, mas é inferior ao treino de força isolado. A potência foi a variável mais sensível à interferência. De forma geral, pôde-se perceber no estudo que a modalidade escolhida, seja ciclismo ou corrida, geram respostas diferentes na interferência. Além disso, a frequência e duração do treino aeróbio tiveram correlações negativas com os resultados de força e hipertrofia.

De acordo com Wilson (2012), Docherty e Sporer (2000) e Fyfe *et al.* (2014), o fenômeno da interferência parece ocorrer principalmente dos exercícios aeróbios para os ganhos de força, ou seja, dependendo da intensidade e volume do exercício aeróbio, os ganhos relacionados à hipertrofia e potência muscular são prejudicados, quando comparado ao treino resistido de forma isolada. Em termos biomoleculares, Fyfe *et al.*, (2014), observaram que o treinamento resistido estimula a ação da enzima fosfoinositídeo 3-quinase (PI3K) e a proteína-quinase B (PKB), as quais, através de uma reação em cadeia, vão aumentar a atividade da proteína-alvo da rapamicina em mamíferos (mTOR) e da proteína quinase S6 (S6K1). O aumento da fosforilação da mTOR desencadeia uma série de reações que são favoráveis ao desenvolvimento do tecido muscular, devido ao aumento de aminoácidos no meio intracelular e a consequente maior síntese proteica.

Por outro lado, Viana-Gomes (2017) e Fyfe *et al.* (2014), citam que com os exercícios aeróbios, existe maior demanda muscular, e portanto, existe também maior consumo de energia. A hidrólise do trifosfato de adenosina (ATP), aumenta as concentrações de adenosina difosfato (ADP) e monofosfato de adenosina (AMP) no meio intracelular. O aumento desses metabólitos estimulam a ativação da proteína-quinase ativada pelo AMP (AMPK), essa enzima se destaca pelo aumento na oxidação de gorduras e pela biogênese mitocondrial, a qual é mediada pela transcrição e ativação do coativador PGC-1 α (receptor ativado por proliferador de peroxissoma gama).

De acordo com Baar (2014), estudos experimentais em ratos demonstram que a hipertrofia muscular gerada pelo exercício, está diretamente relacionada à via mTOR. Por isso, as pesquisas relacionadas ao TC concentram-se na inibição dessa via como mecanismo responsável pela redução da síntese proteica e do ganho de massa muscular. Além disso, o autor também ressalta a relação inversamente proporcional entre os níveis de AMPK e a ativação da mTOR. Quando a razão AMP/ATP aumenta (maior demanda energética), eleva-se a atividade da AMPK, que por sua vez, ativa o complexo de esclerose tuberosa (TSC), o qual inibe a mTOR, prejudicando assim, a hipertrofia.

Outro mecanismo relacionado à hipertrofia muscular citado por Fyfe *et al.* (2014), é o alongamento das cadeias proteicas intracelulares. Esse processo, mediado pelo fator de alongamento eucariótico 2 (eEF2), é inibido quando ocorre elevação nos níveis de AMPK. Isso acarreta em respostas negativas relacionadas ao crescimento do tecido muscular. Além do tipo de exercício (aeróbico ou resistido), outros fatores podem influenciar nesse processo: nível de condicionamento físico, idade do indivíduo, fatores genéticos e disponibilidade de nutrientes.

Sendo assim, para promover a hipertrofia muscular, é essencial manter uma razão favorável entre síntese e degradação proteica, onde a síntese supera significativamente a degradação.

Como já mencionado anteriormente, existem diversas modalidades esportivas que buscam o desenvolvimento concomitante das capacidades físicas de força e aeróbia, como pode ser observado no estudo de Enright (2015), onde foi investigado como as adaptações físicas ocorrem em um time juvenil de futebol da Inglaterra, após diferentes ordens de TC. Além disso, Nuñez (2020) propõe que o TC seja uma solução prática para o cumprimento das diretrizes de programas de saúde, trazendo economia de tempo e espaço e redução na monotonia do treino. Methenitis (2019), ainda destaca que a prescrição de exercícios que combinam essas duas capacidades na mesma sessão tem se tornado popular entre diversas faixas etárias, pois essa abordagem traz inúmeros benefícios, tais como: aumento da taxa metabólica basal, aumento da sensibilidade à insulina, otimização do metabolismo de glicose e lipídeos e ganhos de força, potência e resistência aeróbia. Essa estratégia de treinamento se mostra eficaz tanto para a saúde quanto para o rendimento físico.

Entretanto, o maior desafio é prescrever as duas modalidades na mesma sessão, mas sem a ocorrência da interferência de um treino sobre o outro. Assim sendo, Docherty e Sporer (2000), propuseram o conceito de uma zona de interferência, a qual se baseia na intensidade dos estímulos de força e aeróbio. Para os autores, esse fenômeno ocorreria quando o exercício

aeróbio fosse realizado entre 95% e 100% da intensidade associada ao $VO_2\text{max}$ e quando o treino de força é executado em uma faixa entre 8 e 10 repetições máximas (RM). No entanto, Jones (2014) argumenta que esse mecanismo é multifatorial e depende de variáveis como a frequência semanal do treinamento aeróbio, intervalo de tempo entre as sessões de força e aeróbio, a modalidade utilizada (corrida, ciclismo, natação, etc), ordem de execução dos exercícios (força antes do aeróbio ou o contrário).

Como já citado anteriormente e complementando as observações de Jones (2014), Fyfe *et al.* (2014), destacam que os efeitos de interferência do treino aeróbio sobre os ganhos de força são mais pronunciados quando: o exercício aeróbio é realizado antes do treino de força, menor intervalo entre as sessões e maiores volumes e intensidades no treino aeróbio. Methenitis (2019), reforça essa visão, acrescentando que a modalidade escolhida também gera efeitos diferentes. Coffey e Howley (2017), citam que, além desses fatores, o nível de condicionamento do indivíduo reflete demasiadamente na interferência. Quanto menor o nível de treinamento, maiores serão os benefícios promovidos pelos dois tipos de exercícios. Enquanto que, o fenômeno da interferência tem maiores chances de ocorrer em pessoas mais treinadas.

Tendo em vista o que foi apresentado, pode-se perceber que para o rendimento físico, o efeito da interferência deve ser levado em consideração, visualizando o momento da periodização e relacionando com os objetivos do sujeito e da modalidade principal em questão.

Entretanto, por outro lado, o TC pode ser um forte aliado em programas de exercício físico dedicados à manutenção da saúde e combate à obesidade. Portanto, por esse ponto de vista, os fatores relacionados à interferência, ganham outra conotação, a qual está relacionada ao gasto energético diário (GED). O GED, segundo Lira (2007), está intimamente ligado ao balanço energético, que quando em desequilíbrio, pode acarretar em acúmulo ou redução da gordura corporal. Nesse sentido, um aspecto utilizado para aumentar o GED, é a utilização de exercícios que aumentem o consumo de oxigênio (VO_2) após a prática, ou seja, atividades que forneçam um excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC, do inglês *excess post-exercise oxygen consumption*). Segundo Jiang e colaboradores (2024), o EPOC corresponde ao período em que o corpo continua consumindo oxigênio e gastando energia em níveis mais elevados do que em repouso, mesmo após o final da sessão de exercícios. Ainda de acordo com o autor, esse efeito ocorre devido à demanda energética necessária para recuperar os processos fisiológicos aos níveis basais, como ressíntese de ATP, a eliminação do

lactato e o reequilíbrio hormonal. Por isso, o EPOC tem um papel importante no cálculo do gasto calórico total gerado pelo exercício.

Segundo Panissa *et al.* (2020), o EPOC apresenta, geralmente, duas fases distintas. A primeira é uma fase rápida, caracterizada por uma queda exponencial no consumo de oxigênio, ou seja, uma redução que não segue uma relação linear com o tempo, atribuída, sobretudo, à recuperação imediata dos estoques de adenosina trifosfato (ATP) e fosfocreatina.

Na sequência, inicia-se uma fase mais lenta, na qual o consumo de oxigênio diminui de forma mais gradual e relativamente linear. Essa fase está associada a uma série de processos fisiológicos, como a reesterificação de triacilgliceróis (devido ao aumento de ácidos graxos livres circulantes após o exercício), a reposição de glicogênio muscular, o transporte e remoção de lactato, a estimulação do sistema beta-adrenérgico e a reparação de danos musculares induzidos pelo esforço. Nesse ponto de vista, alguns pesquisadores vêm pesquisando com o intuito de verificar as diferentes respostas fisiológicas relacionadas ao EPOC frente ao TC. Ferrari *et al.* (2018), compararam os efeitos agudos de diferentes sequências intra-sessão e modalidades aeróbias durante sessão de TC sobre o VO_2 e gasto energético em jovens mulheres. Onze voluntárias participaram dos protocolos. Os autores observaram gasto energético maior nas sessões que utilizaram a corrida na parte aeróbia e não encontraram diferenças entre as sequências intra-sessão. No estudo de Vilaça-Alves *et al.* (2016), observaram o EPOC em diferentes sequências de exercício aeróbio combinado com exercícios de força. Treze mulheres fisicamente ativas participaram das coletas. Os autores encontraram diferenças significativas no VO_2 nos primeiros cinco minutos após uma determinada sequência e perceberam que o “*step choreography*”, modalidade aeróbia escolhida para o estudo mais o treino resistido é uma combinação eficaz para elevar o VO_2 . Já no estudo de Taipale (2015), onde coletou dados de doze homens e dez mulheres, também constatou diferentes respostas fisiológicas agudas relacionadas ao EPOC e a ordem dos treinos. Na ordem: força antes de corrida, o VO_2 foi maior para ambos os sexos.

Percebe-se que, muitos estudos verificam o EPOC dos participantes em diferentes sequências de exercício, utilizando também diversas modalidades, mas até o presente momento não existem trabalhos que elucidem essa resposta no contexto da interferência de um tipo de exercício sobre o outro.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE ESTUDO

Quanto à natureza da pesquisa, este trabalho foi considerado uma pesquisa aplicada, pois forneceu resultados diretamente para a prática profissional, por meio da participação de seres humanos em ambientes controlados. A forma de abordagem foi compreendida como quantitativa, devido à análise estatística dos dados fornecidos pelas práticas. Com relação aos procedimentos técnicos, considerou-se que o presente estudo tratou-se de uma pesquisa experimental, pois observou-se o EPOC em diferentes sessões de treino concorrente (Thomas; Nelson; Silverman, 2012).

4.2 AMOSTRA

Após a aprovação do trabalho no comitê de ética local, sob o parecer substanciado de número 6.584.791, CAAE: 76277623.0.0000.8158 (CEP - ANEXO III) o estudo foi registrado no Registro de Ensaios Clínicos Brasileiros (ReBEC - RBR-10kbt3j). A divulgação da pesquisa foi realizada por intermédio das redes sociais, WhatsApp e Instagram, assim como por meio de cartazes expostos em murais no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho. Foram selecionados os participantes, os quais seguiram os seguintes critérios de inclusão: a) ser do sexo masculino; b) ter idade entre 18 e 35 anos; c) estar ativo fisicamente por pelo menos 3 meses antes do início da pesquisa; d) não possuir nenhuma doença crônica ou condição incapacitante para os testes propostos; e) assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE - ANEXO I); f) ter respondido “não” para todas as perguntas do Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q – ANEXO II). Após a inclusão, estes puderam ser excluídos de acordo com os seguintes critérios: a) a não realização/conclusão de um ou mais dos protocolos propostos, independente do período no processo de intervenção; b) faltar com respeito a algum dos integrantes da pesquisa; c) apresentar algum problema de saúde que impedisse a realização dos testes e da intervenção; d) independente do motivo, ter o desejo de se retirar da pesquisa em qualquer momento.

4.3 DESENHO EXPERIMENTAL

Todos os procedimentos da presente pesquisa foram realizados nas dependências do Centro de Ciências Aplicadas à Educação e Saúde (CeCAES) do IFSULDEMINAS - Campus

Muzambinho, no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia do Exercício (LABFEX) e no Laboratório de Condicionamento Físico (LACONF) da instituição. Os participantes foram submetidos às intervenções da investigação em um período de duas semanas.

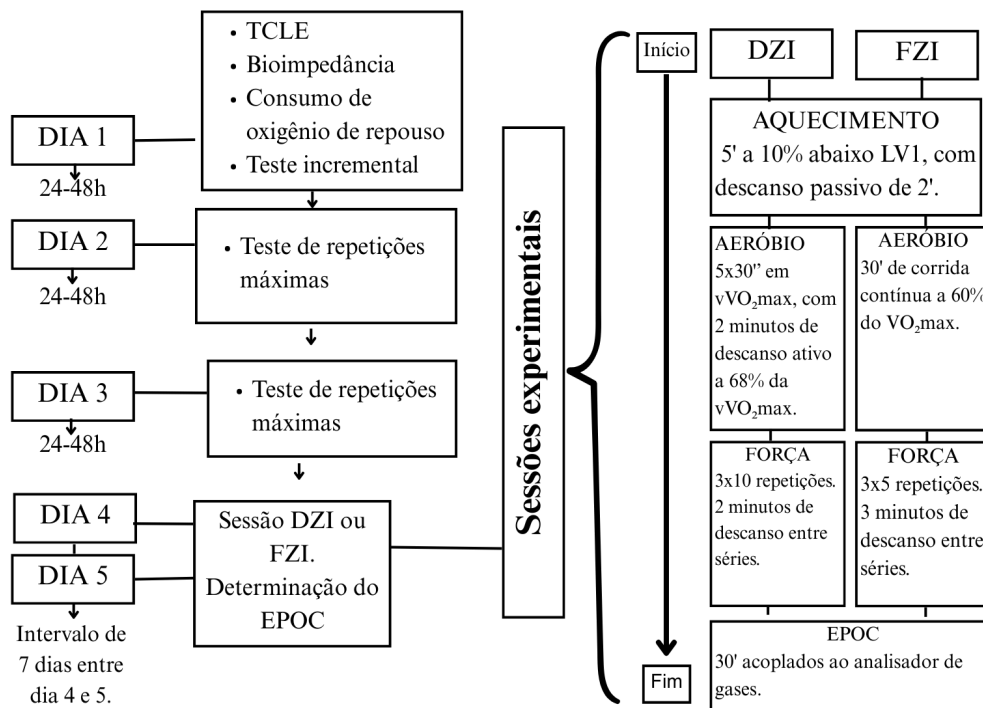
No primeiro dia, os participantes responderam ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e ao PAR-Q. Após a coleta das respostas, os indivíduos foram submetidos a uma avaliação da composição corporal, uma avaliação do consumo de oxigênio em repouso e a um teste incremental e contínuo em uma esteira ergométrica para a determinação das variáveis associadas à potência e capacidade aeróbia.

Entre 24 e 48 horas depois, na segunda visita ao laboratório, os participantes realizaram uma familiarização com os exercícios resistidos propostos nos protocolos de treinos concorrentes e, logo após, um teste para determinação de 5 repetições máximas (RM) e 10 RM nos três exercícios selecionados para os membros superiores: supino reto, puxada frente e desenvolvimento de ombros. Na terceira visita, os voluntários continuaram com o protocolo de RM e realizaram exercícios para os membros inferiores: cadeira flexora, cadeira extensora e leg press 45°.

Cerca de 48 horas depois, os voluntários executaram, de forma aleatória, duas sessões de treinos concorrentes: uma dentro da zona de interferência (DZI), de acordo com Docherty e Sporer (2000), e outra fora dessa zona (FZI). O intervalo entre uma sessão e outra foi de uma semana. Entretanto, após a realização dos protocolos, os voluntários permaneceram sentados e equipados com o analisador de trocas gasosas durante 30 minutos posteriores à execução da sessão de exercícios, para a determinação do EPOC.

Assim, as cinco visitas foram realizadas em um mesmo horário do dia (± 1 hora) e os voluntários foram orientados a evitar a realização de exercícios físicos intensos e a ingestão de bebidas alcoólicas nas 24 horas que antecederam a prática. Além disso, foram instruídos a evitar bebidas cafeinadas ou estimulantes do sistema nervoso central nas 10 horas anteriores à execução dos protocolos. Por último, foi recomendado que tivessem uma noite de sono adequada previamente ao dia dos testes e realizassem a última refeição (café da manhã, almoço ou jantar) ao menos duas horas antes da realização dos protocolos. A figura 1 ilustra o desenho experimental de forma resumida.

Figura 1 — Desenho experimental



Fonte: Autor (2026).

4.4 PROTOCOLOS

4.4.1 Antropometria

Utilizando o método de avaliação por bioimpedância octapolar (InBody-720 - Biospace Co. Ltd, Seul, Coreia do Sul), foi possível determinar a composição corporal dos participantes, permitindo a análise da massa muscular esquelética (MME), porcentagem de gordura corporal (%G), massa de gordura (MG) e massa corporal total (MCT). Também foi avaliada a estatura dos indivíduos por meio de um estadiômetro de alumínio (Standard – Sanny, São Paulo, Brasil).

O avaliado ficou na posição ortostática, com a região posterior do calcâneo, glúteo, posterior dos ombros e occipital apoiados no estadiômetro. Para a realização da medida, o avaliado realizou apneia respiratória, com a cabeça paralela ao solo (Plano de Frankfurt) e com o cursor do estadiômetro em ângulo de 90° em relação à escala (Charro *et al.*, 2010).

Após a mensuração da estatura, os participantes subiram na balança de bioimpedância para a avaliação. Eles estavam descalços, sem nenhum objeto de metal, e utilizavam roupas leves. Sobre o aparelho, os indivíduos colocaram as mãos e pés nos locais indicados para passagem da corrente elétrica, a fim de determinar as variáveis. Algumas orientações foram seguidas, tais como: não utilizar medicamentos diuréticos nos 7 dias anteriores ao teste,

manter jejum nas 4 horas prévias ao teste, não ingerir bebidas alcoólicas nas 48 horas anteriores ao protocolo, não realizar atividades físicas intensas nas 24 horas anteriores e evacuar nos 30 minutos antes do teste (Petroski *et al.*, 2011).

4.4.2 Teste incremental

Para a determinação das variáveis associadas à potência aeróbia ($VO_2\text{max}$ e $vVO_2\text{max}$), foi realizado um teste incremental e contínuo até a exaustão voluntária em esteira rolante, de forma direta. Para isso, o voluntário foi acoplado a uma máscara de análise de trocas gasosas, a qual estava conectada a um analisador de gases (HandyMET CLINIC, MDI Industrial, Lauro de Freitas - Bahia, Brasil). Antes de iniciar o protocolo, o avaliado permaneceu sentado em repouso por 5 minutos em uma cadeira disposta sobre a esteira para a calibragem do equipamento e mensuração da frequência cardíaca de repouso, que foi registrada por um relógio da marca Polar (Polar RS800CX, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia) em conjunto com uma cinta elástica posicionada no tórax do indivíduo.

Após esse período, foi realizado um aquecimento padronizado de 5 minutos entre 7-8 km.h⁻¹ para todos os participantes com o objetivo de familiarização com o ergômetro e também como forma de preparação para o primeiro estágio do teste. Após o aquecimento, a inclinação da esteira foi ajustada em 1% para simular a resistência do vento, e o teste foi iniciado com uma velocidade inicial entre 8 e 9 km.h⁻¹, dependendo do nível de condicionamento do voluntário, sendo que essa velocidade foi aumentada em 1 km.h⁻¹ a cada 2 minutos até a exaustão voluntária do participante.

Durante todo o protocolo, a frequência cardíaca (FC) e a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE – Anexo IV) foram monitoradas e registradas ao final de cada estágio. Além disso, os voluntários foram encorajados a alcançar seu esforço máximo. Para mensurar o $VO_2\text{max}$, pelo menos três dos seguintes critérios deveriam ter sido cumpridos: platô no VO_2 , seguindo o critério clássico de Taylor *et al.*, (1955), o qual define o platô como uma elevação $\leq 2,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ no VO_2 entre estágios consecutivos mesmo com aumento da velocidade de corrida; razão de troca respiratória (RER) acima de 1,2; alcançar a FC máxima predita para a idade, com variação de até ± 10 bpm; evidente exaustão do participante (Howley, 1995).

Nesse sentido, para estabelecer a $vVO_2\text{max}$, foi considerada a fórmula de correção proposta por Kuipers *et al.*, (1985), sendo descrita da seguinte forma: $vVO_2\text{max} = \text{vel} + (\text{tempo} \div 120) \cdot I$. Onde, vel = velocidade da esteira no último estágio completo do teste; tempo = tempo de permanência no último estágio do teste (estágio incompleto); 120 = tempo

em segundos dos estágios do teste, I representa o incremento de intensidade entre os estágios, que para o presente estudo foi de 1km.h-1.

Além disso, para a determinação do primeiro limiar ventilatório, os critérios mencionados por Meyer *et al.*, (2005) foram seguidos: o primeiro aumento no equivalente ventilatório para o oxigênio (VE/VO_2), ocorrido na ausência de um aumento concomitante no equivalente ventilatório para o dióxido de carbono (VE/VCO_2); e o primeiro aumento observado na pressão expirada de oxigênio (PET_{O_2}). Já para o segundo limiar ventilatório, foram seguidos os critérios de Wasserman *et al.*, (2012), onde ocorre o aumento concomitante do VE/VO_2 e VE/VCO_2 , além da queda na pressão parcial expirada de dióxido de carbono (PET_{CO_2}).

4.4.3 Determinação e equalização de cargas máximas

Os indivíduos realizaram um aquecimento padronizado na esteira rolante durante 5 minutos a 10% abaixo do primeiro limiar ventilatório (LV1), com descanso passivo de 2 minutos antes do início do protocolo. Foi utilizado o método de definição de 5RM e 10RM, no qual o sujeito teve três tentativas para encontrar a carga correspondente a essa quantidade de repetições. A cada tentativa, cerca de 3 minutos de descanso passivo foram oferecidos.

Por meio desse protocolo, o qual foi adaptado do protocolo de Pilon *et al.*, (2023) foi considerado a carga máxima (5 e 10RM) que permitiu a determinação de intensidades relativas de esforço para os protocolos de treinamento concorrentes. Para equalizar a carga de treino das duas sessões, foi utilizado o proposto por Enright (2015), onde foi feita a multiplicação do número total de repetições pela carga em quilos de cada exercício. Depois, somou-se todos os valores resultantes para encontrar a carga geral de cada treino. Alguns ajustes nos números de séries de cada sessão foram realizados para balancear as cargas totais.

4.4.4 Determinação do EPOC

No primeiro dia de coleta, os voluntários, ao chegarem ao laboratório foram equipados com o analisador de trocas gasosas (HandyMET CLINIC, MDI Industrial, Lauro de Freitas - Bahia, Brasil), e permaneceram em repouso deitados em um ambiente silencioso em decúbito dorsal, com a cabeça inclinada em uma angulação aproximada de 45° (recomendações do fabricante) por 30 minutos, para a determinação do consumo de oxigênio basal. O consumo de oxigênio de repouso foi mensurado realizando a média dos valores observados dentro dos trinta minutos. Após cada sessão de treino concorrente, eles permaneceram com a máscara

conectada ao analisador de gases por mais 30 minutos. Dessa forma, adaptado ao proposto por Oliveira e Oliveira (2011) foi possível realizar a subtração do consumo de oxigênio da sessão pelo valor do consumo de base, para a determinação do EPOC.

Nesse contexto, parecido com o que foi feito no desenho experimental de Abrantes *et al.*, (2021), o EPOC também foi determinado a cada 5 minutos, imediatamente após o término de cada sessão. Assim, logo após o final da sessão até o 5º minuto, o seguinte cálculo foi realizado: a média do consumo de oxigênio dos 5 minutos foi subtraída do valor do consumo de oxigênio em repouso (pré-exercício). Em seguida, do 5º ao 10º minuto, o mesmo processo foi repetido, e assim sucessivamente até completar 30 minutos. Dessa maneira, foi possível identificar o EPOC em cada intervalo de tempo.

4.4.5 Sessão de treino concorrente dentro da zona de interferência (DZI)

Primeiramente, a fase aeróbia da sessão foi realizada. Assim, um aquecimento padronizado foi executado, composto por 5 minutos de corrida a 10% abaixo do primeiro limiar ventilatório (LV1), com descanso passivo de 2 minutos antes da parte principal do protocolo. Posteriormente, a sessão consistiu em 5 estímulos de 30 segundos a 100% do VO_2max , com 2 minutos de descanso ativo a 68% da vVO_2max em uma esteira ergométrica (Germano *et al.*, 2019)

Após o término da fase aeróbia, iniciou-se a segunda parte da sessão, composta por exercícios resistidos. Essa etapa foi estruturada com base nas recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2025) para indivíduos intermediários, as quais indicam a realização de 5 a 10 exercícios por sessão, com 2 a 5 séries por exercício, contemplando exercícios monoarticulares e multiarticulares. Adicionalmente, a intensidade do treinamento foi definida considerando o conceito de zona de interferência proposto por Docherty e Sporer (2000), os quais descrevem que, para o treinamento de força, essa zona situa-se entre 8 e 10 repetições. Dessa forma, o protocolo foi conduzido dentro dessa faixa de repetições, respeitando esse conceito teórico.

O protocolo foi composto por seis exercícios resistidos, executados com intensidade correspondente a 10 repetições máximas (10RM), sendo três exercícios direcionados aos membros superiores e três aos membros inferiores. Conforme a organização da sessão, os exercícios para os membros superiores foram realizados primeiro, seguidos pelos exercícios para os membros inferiores.

Para os membros superiores, os exercícios foram executados na seguinte ordem: supino reto, puxada frontal e desenvolvimento de ombros em máquina. Para os membros inferiores, a ordem de realização foi: cadeira flexora, cadeira extensora e leg press a 45°. Cada exercício foi realizado em duas a três séries, de acordo com a equalização das cargas entre os participantes, com intervalos de recuperação curtos, de aproximadamente 2 minutos entre as séries, conforme descrito por Jones (2014). Não houve intervalo de descanso entre os exercícios.

Ao final da execução do último exercício resistido, os participantes permaneceram em repouso, utilizando a máscara do analisador de gases, por um período de 30 minutos, para a mensuração do consumo excessivo de oxigênio pós-exercício (EPOC).

4.4.6 Sessão de treino concorrente fora da zona de interferência (FZI)

Primeiramente, um aquecimento padronizado foi executado, composto por 5 minutos de corrida a 10% abaixo do primeiro limiar ventilatório (LV1), com descanso passivo de 2 minutos antes da parte principal do protocolo. A fase aeróbia foi composta por 30 minutos de corrida contínua a 60% do VO_{2max} em esteira ergométrica (Blasio *et al.*, 2012). Cerca de 5 minutos depois, a segunda parte da sessão foi iniciada.

Neste momento, o protocolo foi composto por 6 exercícios resistidos, com intensidade correspondente à zona fora de interferência, citada por Docherty e Sporer (2000), entre 4 e 6 repetições máximas, sendo 3 exercícios específicos para os membros superiores e os outros 3 destinados aos membros inferiores.

Em relação aos membros superiores, os exercícios e a ordem utilizada foram: supino reto, puxada frontal e desenvolvimento de ombros na máquina. Já para os membros inferiores, os exercícios e a ordem de realização foram os seguintes: cadeira flexora, cadeira extensora e leg press 45°. Cada exercício foi realizado em 4 séries, com 3 minutos de descanso entre elas, sem descanso na transição entre os exercícios.

Após a realização do último exercício, o participante permaneceu em repouso com a máscara do analisador de gases por 30 minutos, para o término da mensuração do EPOC.

4.4.7 Escala de Percepção de Esforço (PSE)

A escala de percepção de esforço consistiu em avaliar o esforço percebido pelo indivíduo de forma subjetiva perante uma tarefa física. O avaliador explicou ao participante que o termo “esforço” poderia ser compreendido como o quão difícil estava sendo a prática. A

escala utilizada foi de 0 a 10, sendo o “0” o mínimo de esforço e o “10” representando o nível máximo de exercício. O exercício de intensidade moderada teve índice de 5 ou 6 na escala revisada. Durante a execução desta pesquisa, a escala foi utilizada no teste incremental, ao final de cada estágio (Cabral *et al.*, 2020; Heyward, 2013).

4.4.8 Aquecimento padronizado

Os participantes realizaram o aquecimento geral padronizado antes do teste incremental, do teste de cargas máximas e dos protocolos de treinamento. Seguindo as recomendações da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício (ASEP - 2003), o aquecimento geral deve objetivar o aumento da temperatura corporal e é constituído por atividades leves. Sendo assim, para o teste incremental, o aquecimento teve duração de 5 minutos de corrida entre 7-8 km.h⁻¹, dependendo da familiaridade do indivíduo com o ergômetro. Sendo menos familiarizado, o aquecimento era realizado a 7 km.h⁻¹. Caso contrário, era realizado a 8 km.h⁻¹. Após a determinação dos limiares, tendo em foco a especificidade de cada indivíduo, o protocolo de aquecimento padronizado foi realizado em intensidade de 10% abaixo do primeiro limiar ventilatório (LV1), com descanso passivo de 2 minutos antes da parte principal dos protocolos.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após a coleta dos dados, estes foram apresentados em seus valores médios e os respectivos desvios-padrão. Para a determinação da normalidade de distribuição dos dados, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk, associado aos dados de curtose e simetria. A partir da constatação de distribuição normal dos dados, foi adotada uma análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas com duas vias (Situação: dentro da zona de interferência e fora da zona de interferência; Tempo: 5°, 10°, 15°, 20°, 25° e 30° minuto após a sessão), com teste de post hoc de Bonferroni.

Para as comparações simples entre as duas situações (PSE e EPOC total), foi utilizado um teste t de Student para dados pareados. Para todas as análises, o critério utilizado para a constatação de diferenças significantes foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

Todas as análises foram realizadas por meio do software estatístico JAMOVI, versão 1.6.23.

5 RESULTADOS

A amostra total do estudo foi composta por dezesseis adultos jovens do sexo masculino. As características antropométricas, de composição corporal e de aptidão cardiorrespiratória, incluindo o consumo máximo de oxigênio, a velocidade associada a este índice e os limiares ventilatórios, estão apresentadas na Tabela 1.

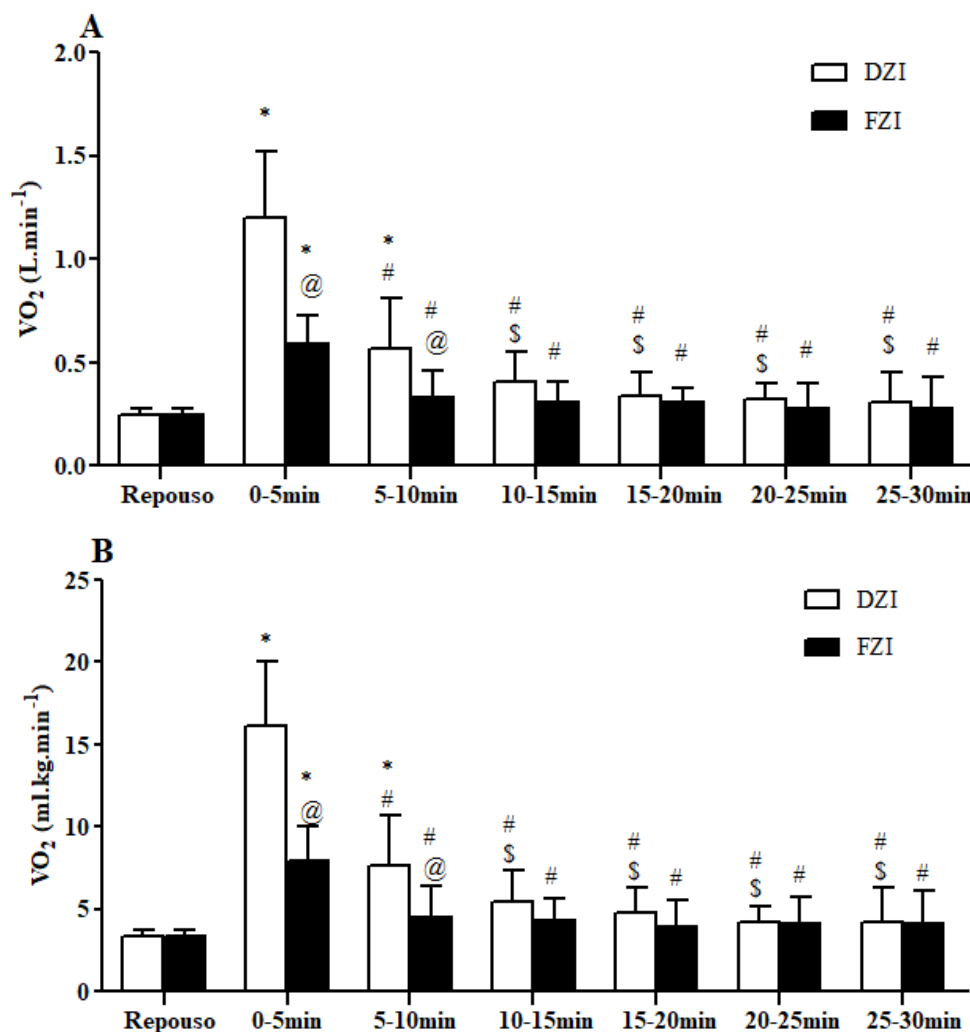
Tabela 1: Valores médios (\bar{x}), desvio padrão da média (DP), mínimos e máximos das variáveis que caracterizam a amostra, (n = 16).

	$\bar{x} \pm DP$	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	23,40 \pm 2,87	18,00	28,00
MCT (kg)	76,90 \pm 10,1	57,60	97,70
Altura (cm)	174,00 \pm 4,94	165,00	185,00
% Gord. (%)	17,40 \pm 5,49	6,80	28,50
VO ₂ max (L/min)	3,36 \pm 0,18	2,96	3,57
VO ₂ max (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	44,50 \pm 6,39	35,60	56,20
vVO ₂ max (km.h-1)	13,70 \pm 0,85	12,30	15,00
LV1 (km.h-1)	8,75 \pm 0,85	7,00	10,00
LV2 (km.h-1)	10,90 \pm 0,77	10,00	12,00

MCT = Massa Corporal Total; % Gord. = porcentagem de gordura corporal; VO₂max = consumo máximo de oxigênio; vVO₂max = velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio; LV1 = limiar ventilatório 1; LV2 = limiar ventilatório 2.

A Figura 2 apresenta os valores em média e desvio padrão da média do consumo de oxigênio (VO₂), em valores absolutos (A) e relativos (B), mensurados em repouso e em intervalos de 5 minutos ao longo de 30 minutos após as sessões de treinamento concorrente realizadas dentro da zona de interferência (DZI) e fora da zona de interferência (FZI).

Figura 2 — Análise dos intervalos de tempo do consumo de oxigênio pós esforço



Fonte: Autor (2026).

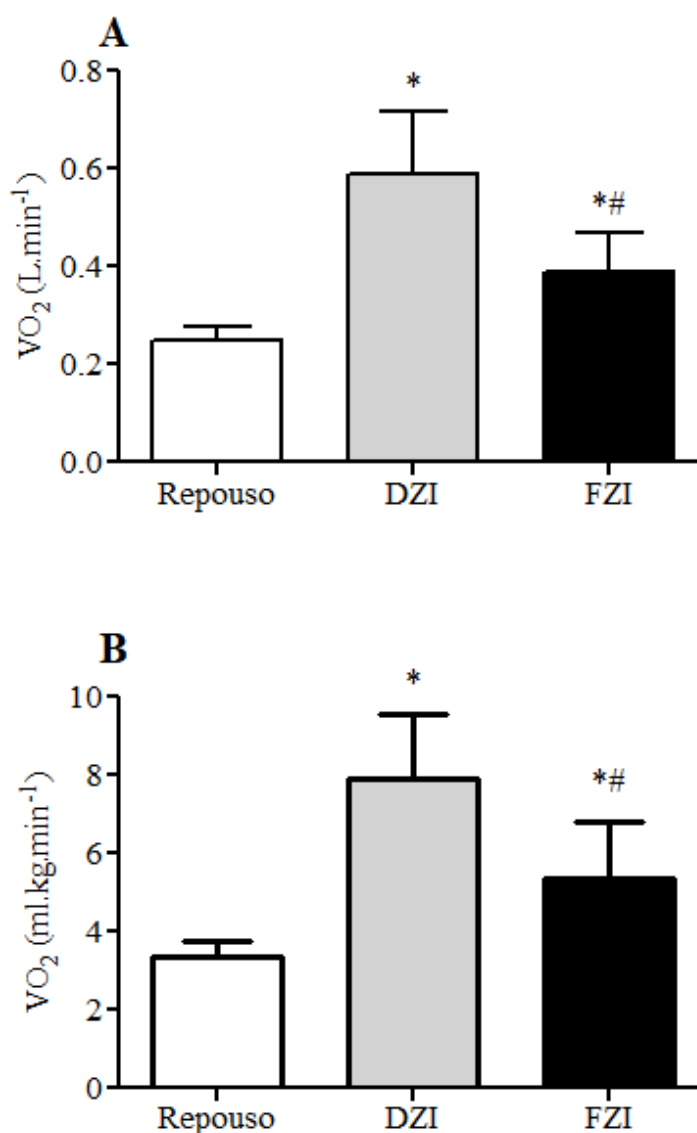
Legenda: * Diferença significativa com relação ao repouso; # Diferença significativa com relação ao intervalo de tempo de 0-5min; \$ Diferença significativa com relação ao intervalo de tempo de 5-10min; @ Diferença significativa entre as situações (DZI e FZI), para o mesmo intervalo de tempo. $p \leq 0,05$ (n = 16).

Nos gráficos A e B da Figura 2, observa-se que o consumo de oxigênio (VO_2), tanto em valores absolutos quanto relativos, foi significativamente ($p \leq 0,05$) maior em relação ao repouso nos primeiros dez minutos após a sessão realizada dentro da zona de interferência (DZI), enquanto, na sessão fora da zona de interferência (FZI), esse aumento significativo ocorreu apenas no intervalo de 0–5 min. Em ambas as sessões, foram observadas diferenças significativas nos intervalos de 5–10, 10–15, 15–20, 20–25 e 25–30 min em comparação ao período inicial de 0–5 min, indicando que o maior consumo de oxigênio ocorreu no intervalo imediatamente após o exercício (0-5 min). Além disso, na sessão DZI, os valores de VO_2 nos intervalos de 10–15, 15–20, 20–25 e 25–30 min foram significativamente menores em relação

ao intervalo de 5–10 min, comportamento não observado na sessão FZI. Por fim, o consumo de oxigênio foi significativamente maior na sessão DZI em comparação à FZI nos dois primeiros intervalos de tempo (0–5 e 5–10 min).

A Figura 3 apresenta os valores em média e desvio-padrão da média do consumo de oxigênio (VO_2), em valores absolutos (A) e relativos (B), mensurados ao longo de 30 minutos após as sessões de treinamento concorrente realizadas dentro da zona de interferência (DZI) e fora da zona de interferência (FZI), em comparação com o valor de repouso.

Figura 3 — Análise da média do tempo total de consumo de oxigênio pós exercício



Fonte: Autor (2026).

Legenda: *Diferença significativa com relação ao repouso; # Diferença significativa com relação ao DZI. $p \leq 0,05$ (n = 16).

Observa-se que, em ambas as sessões (Figura 3), os valores de VO₂ foram significativamente $p \leq 0,05$ superiores ao repouso. Adicionalmente, o consumo de oxigênio foi significativamente maior na sessão DZI quando comparado à sessão FZI.

A Tabela 2 apresenta os valores médios, desvios-padrão, níveis de significância (p-valor), diferenças entre as médias e os intervalos de confiança de 95% das variáveis que caracterizam as sessões de treinamento concorrente realizadas dentro da zona de interferência (DZI) e fora da zona de interferência (FZI)

Tabela 2: Valores em média, desvio-padrão (DP), nível de significância (*p*-valor), diferenças entre as médias, intervalos de confiança à 95% da diferença entre as médias para as variáveis que caracterizam as sessões de treinamento concorrente dentro da zona de interferência (DZI) e fora da zona de interferência (FZI) (n=16).

	DZI	FZI	<i>p</i> -valor	Diferença entre médias	95% Intervalo de Confiança	
					Limite Inferior	Limite Superior
CT-TF (u.a.)	13358 ± 1403	13214 ± 1489	0,340	144,00	-167,00	455,00
Tempo Sessão (min.)	53,00 ± 6,85	100,00 ± 7,84*	0,001	-47,40	-53,60	-41,2
FCmédia (bpm)	130,00 ± 14,3	118,00 ± 15,90	0,136	12,30	-4,96	29,50
FCmáx (bpm)	179,00 ± 11,60	166,00 ± 12,30*	0,005	13,10	5,52	20,70
PSE (u.a.)	8,00 ± 1,41	5,75 ± 1,28*	0,002	2,25	1,18	3,32

CT-TF = Carga total de trabalho do treinamento de força das sessões de treinamento concorrente; FCMédia = Frequência Cardíaca média das sessões de treinamento concorrente; FCMáx = Frequência cardíaca máxima das sessões de treinamento concorrente; PSE = Percepção subjetiva de esforço das sessões de treinamento concorrente.
*Diferença significativa entre as sessões DZI e FZI. $p \leq 0,05$.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios, desvios-padrão, p-valores, diferenças entre as médias e intervalos de confiança de 95% das variáveis que caracterizam as sessões de treinamento concorrente realizadas dentro da zona de interferência (DZI) e fora da zona de interferência (FZI). Não foram observadas diferenças significativas entre as sessões ($p \leq 0,05$) para a carga total de trabalho do treinamento de força (CT-TF; $p = 0,340$) e para a frequência cardíaca média (FC média; $p = 0,136$). Por outro lado, foram observadas diferenças significativas entre as sessões para o tempo total de sessão, sendo maior na condição FZI em comparação à DZI ($p = 0,001$). Além disso, a frequência cardíaca máxima (FC máx) apresentou valores significativamente mais elevados na sessão DZI em relação à sessão FZI ($p = 0,005$). Da mesma forma, a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi significativamente maior na sessão DZI quando comparada à sessão FZI ($p = 0,002$).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar a influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre o excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC), considerando tanto o comportamento temporal do consumo de oxigênio ao longo dos 30 minutos de recuperação, analisado em intervalos sucessivos de 5 minutos, quanto a média do consumo de oxigênio calculada durante todo o período pós-esforço. Adicionalmente, buscou-se examinar a relação entre o EPOC e a carga interna das sessões de treinamento concorrente, avaliada por meio da percepção subjetiva de esforço (PSE) e frequência cardíaca (FC), comparando sessões realizadas dentro e fora da zona de interferência.

Ao analisar os intervalos sucessivos de cinco minutos ao longo do período total de avaliação do EPOC, foram observadas diferenças significativas entre as sessões, em comparação ao repouso e entre os intervalos de medição. A sessão realizada dentro da zona de interferência (DZI) apresentou maior consumo de oxigênio nos primeiros dez minutos pós-exercício em comparação ao repouso, diferentemente da sessão realizada fora da zona de interferência (FZI), na qual o aumento significativo foi observado apenas nos primeiros cinco minutos. Em ambas as situações, o maior consumo de oxigênio ocorreu no intervalo imediatamente após o término das sessões, correspondente aos primeiros cinco minutos de recuperação.

Esses achados podem ser explicados pelo fato do EPOC apresentar duas fases distintas. Segundo Panissa *et al.*, (2020), a primeira corresponde a uma fase rápida, caracterizada por uma queda exponencial do consumo de oxigênio, atribuída principalmente à

recuperação imediata dos estoques de adenosina trifosfato (ATP) e fosfocreatina. Na sequência, inicia-se uma fase lenta, na qual o consumo de oxigênio diminui de forma mais gradual e relativamente linear, estando associada a diversos processos fisiológicos, como a reesterificação de triacilgliceróis, a reposição de glicogênio muscular, o transporte e a remoção de lactato, a estimulação do sistema beta-adrenérgico e a reparação de danos musculares induzidos pelo esforço.

Dessa forma, os minutos iniciais do período de recuperação correspondem à fase rápida do EPOC, o que explica os maiores valores de consumo de oxigênio observados imediatamente nos cinco minutos após o término do exercício. A redução significativa do VO_2 em relação ao primeiro intervalo (0-5 min), verificada em todos os intervalos subsequentes, tanto na sessão realizada dentro da zona de interferência (DZI) quanto fora da zona de interferência (FZI), é condizente com a fase lenta do EPOC, caracterizada por uma diminuição gradual do consumo de oxigênio ao longo do tempo. Essa diminuição pode ser vista ao verificar a redução significativa do EPOC em relação ao intervalo de 10 a 15 min nos períodos subsequentes da sessão DZI.

Adicionalmente, analisando os primeiros 10 minutos pós exercício (figura 2) e a média total do consumo de oxigênio ao longo dos 30 minutos pós-esforço, apresentada na Figura 3, demonstrou-se valores superiores na sessão realizada dentro da zona de interferência (DZI), indicando maior demanda metabólica em comparação à sessão realizada fora da zona de interferência (FZI). A maior magnitude do EPOC observada na condição DZI também esteve associada às variáveis de carga interna do treinamento (Tabela 2), uma vez que a frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) apresentaram valores mais elevados nessa sessão em comparação à FZI. Esses achados indicam uma relação consistente entre a resposta metabólica pós-exercício e a carga interna imposta durante as sessões de treinamento concorrente, sugerindo que protocolos caracterizados por maior densidade de estímulos e menor intermitência entre as séries promovem maior estresse fisiológico, mesmo quando realizados em menor tempo total de sessão (Pilon *et al.*, 2023). Observa-se também, que para essa comparação, as cargas externas do treino de força nas sessões concorrentes estavam equalizadas.

Nesse contexto, os resultados do presente estudo corroboram com os achados de Pilon *et al.*, (2023), os quais analisaram os efeitos de três sessões isocalóricas (aeróbio isolado, força isolado e treinamento concorrente) sobre o EPOC e o gasto energético total em idosos. Os autores observaram que a intensidade relativa do treinamento de força isolado pode ter sido inferior aos outros dois protocolos em razão de sua natureza intermitente, uma vez que,

ao considerar o tempo efetivo de exercício, em uma sessão de 60 minutos, apenas cerca de 12 minutos corresponderam ao esforço propriamente dito. Embora o estudo dos autores tenha sido conduzido em uma população idosa, enquanto que o presente ensaio envolveu adultos jovens, observa-se um comportamento fisiológico semelhante no que diz respeito à influência da intensidade relativa sobre a magnitude do EPOC, o que reforça a consistência desse fenômeno em diferentes faixas etárias. De forma semelhante, ao aplicar essa análise ao presente estudo, a sessão FZI, após a subtração do tempo destinado ao exercício aeróbio e aos intervalos de descanso entre as séries, apresentou aproximadamente 29 minutos de treino efetivo ao longo de uma sessão com duração média de cerca de 100 minutos, enquanto a sessão DZI apresentou aproximadamente 38 minutos de exercício efetivo em uma sessão com média de 53 minutos, evidenciando maior densidade de esforço nessa condição.

Dessa maneira, a duração dos intervalos de recuperação entre as séries, mais prolongada na sessão realizada fora da zona de interferência (FZI; 3 minutos) em comparação à sessão realizada dentro da zona de interferência (DZI; 2 minutos), parece ter sido suficiente, no contexto observado do presente delineamento, para reduzir a intensidade relativa da sessão FZI, influenciando, conseqüentemente, as variáveis analisadas, como o EPOC, a percepção subjetiva de esforço (PSE) e a frequência cardíaca máxima (FC_{máx}). De acordo com Pilon *et al.*, (2023), o EPOC tende a ser ampliado quando o componente anaeróbio do exercício não é completamente compensado durante a sessão, como ocorre em protocolos caracterizados por intervalos de recuperação mais curtos. Segundo os autores, a intensidade relativa do exercício parece exercer influência mais determinante sobre o EPOC do que o volume total de trabalho, o que pode contribuir para explicar os maiores valores de consumo de oxigênio observados na sessão DZI do presente ensaio.

No estudo de Abrantes *et al.*, (2021), conduzido com mulheres jovens fisicamente ativas, os autores investigaram as respostas fisiológicas agudas durante e após diferentes sequências de exercício combinado, envolvendo um componente aeróbio realizado em banco de step, seguido por exercício de força de intensidade baixa a moderada. Ao analisar a sequência STEP-RES, os autores observaram maiores respostas de frequência cardíaca durante o exercício resistido, concomitantemente a valores reduzidos de consumo de oxigênio, quando comparados a outras sequências. Segundo a interpretação proposta, esse comportamento foi atribuído à manutenção da ativação do sistema nervoso simpático induzida pelo exercício aeróbio vigoroso prévio, o que teria sustentado uma FC elevada mesmo diante de uma demanda metabólica relativamente baixa durante o exercício de resistência subsequente. Em contraste, no presente estudo, a sessão realizada dentro da zona de

interferência (DZI) promoveu elevação concomitante da FC e do consumo de oxigênio, tanto durante quanto após o exercício, refletindo maior intensidade relativa na situação de força. Assim, embora ambos os estudos indiquem que o exercício aeróbio prévio modula as respostas fisiológicas subsequentes, os resultados sugerem que a direção e magnitude dessa modulação dependem da intensidade metabólica do exercício resistido subsequente, sendo que, quando este apresenta maior exigência fisiológica, como observado na sessão DZI, o consumo de oxigênio acompanha o aumento da FC, resultando em maior magnitude do EPOC.

Ademais, outros dados do estudo de Abrantes *et al.* contrastam com os achados do presente trabalho. Os autores avaliaram a percepção subjetiva de esforço (PSE) ao final de todos os tipos de exercício e observaram que os maiores valores ocorreram sempre após o último modo de exercício, independentemente da ordem de execução, evidenciando um importante efeito cumulativo do esforço. Esse comportamento foi atribuído às respostas fisiológicas decorrentes do exercício prévio, como a depleção de glicogênio, a elevação das concentrações de lactato e da frequência cardíaca, bem como o aumento da secreção de catecolaminas e cortisol, refletindo uma resposta autonômica e metabólica. Nesse sentido, esses achados contrastam com os resultados observados no presente estudo. Na sessão realizada dentro da zona de interferência (DZI), a maior intensidade do exercício aeróbio prévio ao componente resistido resultou em valores mais elevados de PSE, enquanto na sessão realizada fora da zona de interferência (FZI), caracterizada por um exercício aeróbio de menor intensidade e maior volume, foram observados valores inferiores de PSE, indicando que, neste ensaio, a percepção de esforço foi mais sensível à intensidade relativa do estímulo do que ao acúmulo total de exercício.

Tendo em vista os resultados apresentados, os achados do presente estudo permitem ampliar a compreensão acerca da organização do treinamento concorrente e sua relação com o conceito de zona de interferência. Embora a literatura clássica tenha enfatizado que a realização de estímulos concorrentes dentro dessa zona pode comprometer adaptações neuromusculares e de desempenho (Docherty & Sporer, 2000), os resultados aqui observados indicam que essa mesma condição é capaz de promover maior magnitude do EPOC e maior demanda metabólica pós-exercício. Tal resposta parece estar associada à maior intensidade relativa e à menor intermitência dos estímulos aplicados na sessão realizada dentro da zona de interferência, refletindo maior estresse fisiológico. Sob uma perspectiva aplicada, esses achados possuem implicações relevantes tanto para a população geral quanto para o contexto do treinamento voltado à saúde, uma vez que maiores valores de EPOC estão relacionados à

maior gasto energético total. Por outro lado, a realização do treinamento concorrente fora da zona de interferência mostrou-se uma estratégia mais adequada quando o objetivo principal está relacionado à performance atlética, na medida em que favorece a menor interferência entre os componentes aeróbio e resistido. Dessa forma, os resultados do presente estudo não contradizem o conceito de zona de interferência, mas o complementam, sugerindo que sua aplicação prática deve considerar de forma integrada os objetivos do treinamento, seja para maximizar adaptações metabólicas e gasto energético, seja para otimizar o desempenho físico específico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista aplicado, os achados do presente estudo indicam que a organização do treinamento concorrente exerce influência relevante sobre a resposta metabólica pós-exercício. Sessões realizadas dentro da zona de interferência mostraram-se estratégias potencialmente interessantes quando o objetivo está relacionado ao aumento do gasto energético total e à elevação da demanda metabólica, especialmente em contextos voltados à promoção da saúde. Por outro lado, a realização do treinamento concorrente fora da zona de interferência apresenta-se como uma alternativa mais adequada quando o foco principal é a performance física, ao favorecer menor interferência entre os estímulos aeróbios e resistidos.

Por fim, destaca-se que a aplicação prática do conceito de zona de interferência deve considerar de forma integrada os objetivos do treinamento, a população envolvida e as características do protocolo adotado. Estudos futuros são recomendados para investigar o comportamento do EPOC em janelas de recuperação mais prolongadas, bem como em diferentes populações e com variações nos métodos de prescrição do treinamento concorrente, ampliando a compreensão sobre os efeitos metabólicos dessa estratégia de treinamento.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, C.; MARTINS, S.; PEREIRA, A.; POLICARPO, F.; MACHADO, I.; SOUSA, N. **Physiological exercise and post-exercise effects of inverse sequences of combined bench-step aerobics and resistance exercise.** *Journal of Human Kinetics*, v. 77, p. 61–70, 2021. DOI: 10.2478/hukin-2021-0011.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). Position Stand: **Progression models in resistance training for healthy adults.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Philadelphia, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>. Acesso em: 5 jul. 2025.
- BAAR, Keith. **Using molecular biology to maximize concurrent training.** *Sports Medicine*, Auckland, v. 44, Suppl 2, p. 117–125, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0252-0>. Acesso em: 5 jul. 2025.
- BROWN, Lee E.; WEIR, Joseph P. Recomendação de procedimentos da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício (ASEP) I: **avaliação precisa da força e potência muscular.** Tradução: Hildeamo Bonifacio Oliveira et al. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, Brasília, v. 11, n. 4, p. 95–110, out./dez. 2003
- BLASIO, Andrea di *et al.* **Order effects of concurrent endurance and resistance training on post-exercise response of non-trained women.** *Journal of Sports Science And Medicine*, Chieti, v. 3, n. 11, p. 393-399, out. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24149345/>. Acesso em: 18 abr. 2023.
- CABRAL, Luana L. *et al.* **Initial Validity and Reliability of the Portuguese Borg Rating of Perceived Exertion 6-20 Scale.** *Measurement In Physical Education And Exercise Science*, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 103-114, 6 jan. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/1091367x.2019.1710709>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1091367X.2019.1710709?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 25 maio. 2022.
- CAPUTO, Fabrizio. Exercício aeróbio: **Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho.** *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 94-102, jan. 2009.
- CHARRO, Mario Augusto *et al.* Medidas antropométricas. In: CHARRO, Mario Augusto et al. *Manual de Avaliação Física*. São Paulo: Phorte, 2010. p. 32-33.
- DENADAI, Benedito S; ORTIZ, Marcelo J; GRECO, Camila C; MELLO, Marco T de. **Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO2max: effects on aerobic physiological indexes and running performance.** *Applied Physiology, Nutrition, And Metabolism*, [S.L.], v. 31, n. 6, p. 737-743, dez. 2006. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/h06-080>.
- Docherty D, Sporer B. **A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training.** *Sports Med.* 2000 Dec;30(6):385–94. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030060-00001> . Acesso em: 18 abr. 2023.

ENRIGHT, Kevin; MORTON, James P.; IGA, John; DRUST, Barry. **The effect of concurrent training organisation in youth elite soccer players.** *European Journal of Applied Physiology*, v. 115, n. 11, p. 2367–2381, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3218-5>

ESFARJANI, Fahimeh; LAURSEN, Paul B. **Manipulating high-intensity interval training: effects on the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males.** *Journal Of Science And Medicine In Sport*, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 27-35, fev. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.014>.

FERRARI, Rodrigo; ALBERTON, Cristine; PINTO, Stephanie; CADORE, Eduardo; PINTO, Ronei; KRUEL, Luiz Fernando. **Oxygen consumption during concurrent training: influence of intra-session exercise sequence and aerobic exercise modality.** *Biology Of Sport*, [S.L.], v. 35, n. 3, p. 247-252, 2018. Termedia Sp. <http://dx.doi.org/10.5114/biolSport.2018.74637>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6224852/>. Acesso em: 05 jul. 2025.

FYFE, Jackson J.; BISHOP, David J.; STEELE, James. **Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables.** *Sports Medicine*, Auckland, v. 44, n. 6, p. 743–762, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0162-1>. Acesso em: 5 jul. 2025.

GERMANO et al. **Effect of Different Recoveries During HIIT Sessions on Metabolic and Cardiorespiratory Responses and Sprint Performance in Healthy Men.** *J Strength Cond Res*. 2019 Jan 1;36(1):121-129. doi: 10.1519/JSC.0000000000003423.

GOBBI, Sebastião; VILLAR, Rodrigo; ZAGO, Anderson Saranz. **Conceito e contexto do condicionamento físico.** In: GOBBI, Sebastião; VILLAR, Rodrigo; ZAGO, Anderson Saranz. *Bases Teórico - Práticas do Condicionamento Físico*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2005. Cap. 7. p. 128-154.

HEYWARD, Vivian. **Avaliação da Aptidão Cardiorrespiratória.** In: HEYWARD, Vivian. *Avaliação Física e Prescrição de Exercícios*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Cap. 4. p. 88-89.

HICKSON, Robert C. **Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance.** *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Berlin, v. 45, n. 2-3, p. 255–263, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00421333>. Acesso em: 5 jul. 2025.

HOWLEY, Edward T.; Basset, DAVID R. JR.; WELCH, Hugh G. **Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 27(9):p 1292-1301, September 1995.

JIANG, Lang; ZHANG, Yihong; WANG, Zhengzhen; WANG, Yan. **Acute interval running induces greater excess post-exercise oxygen consumption and lipid oxidation than isocaloric continuous running in men with obesity.** *Scientific Reports*, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 1-9, 22 abr. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-024-59893-9>.

Jones TW. **Concurrent training: neuroendocrine and molecular mechanisms of strength and endurance training incompatibility** [thesis]. Newcastle: University of Northumbria, Newcastle; 2014. Acesso em: 18 abr. 2023.

KUIPERS, H. **Variability of Aerobic Performance in the Laboratory and Its Physiologic Correlates**. *Int J Sports Med*, The Netherlands, v. 6, n. 4, p. 197-201, jun. 1985.

LIRA, Fábio Santos de; OLIVEIRA, Rodrigo da Silva Fermino de; JULIO, Ursula Ferreira; FRANCHINI, Emerson. **Consumo de oxigênio pós-exercícios de força e aeróbio: efeito da ordem de execução**. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 402-406, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s1517-86922007000600009>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbme/a/PSBNd7M65jHLQL3nq4k4KPP/?lang=pt>. Acesso em: 05 jul. 2025.

Methenitis S. **A brief review on concurrent training: from laboratory to the field**. *Sports*. 2018 Oct;6(4):127. <https://doi.org/10.3390/sports6040127>

NUÑEZ, Tony P, AMORIM, Fabiano T, BELTZ, Nicholas M, MERMIER, Christine M, MORIARTY, Terence A, NAVA, Roberto C, VANDUSSELDORP, Trisha A, KRAVITZ, Len. **Metabolic effects of two high-intensity circuit training protocols: does sequence matter?** *Journal Of Exercise Science & Fitness*, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 14-20, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jesf.2019.08.001>.

OLIVEIRA, Norton L.; OLIVEIRA, Jose. **Excess postexercise oxygen consumption is unaffected by the resistance and aerobic exercise order in an exercise session**. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 25, n. 10, p. 2843–2850, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318207ef4b>

PANISSA, Valéria L. G.; FUKUDA, David H.; STAIBANO, Victor; MARQUES, Marcelo; FRANCHINI, Emerson. **Magnitude and duration of excess of post-exercise oxygen consumption between high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise: a systematic review**. *Obesity Reviews*, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 01-16, 12 jul. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/obr.13099>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/obr.13099>. Acesso em: 05 jul. 2025.

PETROSKI, Edio Luiz *et al.* **Composição Corporal em Idosos**. In: PETROSKI, Edio Luiz *et al.* *Antropometria: técnicas e padronizações*. 5. ed. Várzea Paulista: Fountoura, 2011. Cap. 09, p. 151.

PILON, R.; MATOS-SANTOS, L.; MATLEZ, M. P.; RODRIGUES, G.; AMORIM, F.; LATTARI, E.; FARINATTI, P.; MONTEIRO, W. **Effects of isocaloric resistance, aerobic, and concurrent exercise on excess postexercise oxygen consumption in older adults**. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 38, n. 4, p. 755–761, 2024.

Simões RP, Souza GG, Souza RA, Higino WP, Borges JBC. **Treinamento físico combinado na reabilitação cardiovascular**. In: Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva; Martins JA, Karsten M, Dal Corso S, organizadores. PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia Cardiovascular e Respiratória: Ciclo 9.

Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2022. p. 9–35. (Sistema de Educação Continuada a Distância, v. 1).

TAIPALE, Ritva S.; MIKKOLA, Jussi; NUMMELA, Ari T.; SORVISTO, Juha; NYMAN, Kai; KYRÖLÄINEN, Heikki; HÄKKINEN, Keijo. **Combined Strength and Endurance Session Order: differences in force production and oxygen uptake**. International Journal Of Sports Physiology And Performance, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 418-425, maio 2015. Human Kinetics. <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2014-0316>. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/10/4/article-p418.xml>. Acesso em: 05 jul. 2025.

TAYLOR, Henry Longstreet. **Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance**. American Physiological Society, Minnesota, v. 8, p. 73-80, 1955. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13242493/>. Acesso em: 05 jul. 2025.

THOMAS, Jerry R.; NELSON, Jack K.; SILVERMAN, Stephen J. **Introdução à Pesquisa em Atividade Física**. In: THOMAS, Jerry R.; NELSON, Jack K.; SILVERMAN, Stephen J.. Métodos de Pesquisa em Atividade Física. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. Cap. 1. p. 23-24.

THOMPSON, Walter R. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 8. ed. Filadélfia: Acsm, 2010.

VIANA-GOMES, Diego. **Respostas Agudas e Adaptações Crônicas no Tecido Muscular ao Treinamento Intervalado de Alta Intensidade: Uma Abordagem Molecular**. Arquivos em Movimento, [s. l], v. 12, n. 2, p. 64-79, jun. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/am/article/view/11148>. Acesso em: 05 jul. 2025.

Villaca Alves, J., Saavedra, F., Simao, R., Novaes, J., Rhea, M.R., Green, D. and Machado Reis, V. (2011) **Does aerobic and strength exercise sequence in the same session affect the oxygen uptake during and post-exercise?** Journal of Strength and Conditioning Research DOI: 10.519/JSC.0b013e318238e852. Acesso em: 18 abr. 2023.

Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, et al. **Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism**. Circulation. 2007 Jul;116(5):572–84. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185214>. Acesso em: 18 abr. 2023.

WILLIAMS Lippincott; WILKINS. **ACSM Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. (2006) 7th edition. Philadelphia: Acesso em: 18 abr.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da Pesquisa: Influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre o consumo excessivo de oxigênio pós exercício (EPOC)

Este documento tem como objetivo convidá-lo a participar de um estudo, o qual tem como pesquisador principal, Otávio Augusto Maçais Pereira e como orientador o docente Dr. Wonder Passoni Higino, pesquisador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho - MG.

O presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), tem como intuito assegurar e garantir seus direitos enquanto participante voluntário da pesquisa, sendo elaborado em duas vias, uma que ficará com os pesquisadores e a outra via com você.

Por favor, leia com atenção o documento, quaisquer dúvidas, serão esclarecidas pelos pesquisadores deste estudo.

Justificativa e objetivos: este estudo, o qual você está sendo convidado a participar, visa verificar a influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre o EPOC. Com esse conhecimento, é possível melhorar a prescrição do treinamento combinado.

Procedimentos: Todos os procedimentos serão realizados no Centro de Ciências Aplicadas à Educação e Saúde (CeCAES) do IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, em quatro visitas distintas, divididas em um período de três semanas.

Após o seu consentimento, você comparecerá aos laboratórios do CeCAES em quatro dias diferentes, em um período de duas semanas. No primeiro dia pré intervenção você realizará uma avaliação de bioimpedância, a qual fornecerá dados a respeito da sua composição corporal, vale ressaltar que, este processo não é doloroso e é rápido (cerca de 10 minutos de avaliação). Posteriormente a avaliação de bioimpedância, você realizará um aquecimento de 3 minutos em uma esteira para a realização de um teste para análise da capacidade cardiorrespiratória (aproximadamente 30 minutos). Durante esse teste, serão acompanhadas as variáveis frequência cardíaca, consumo de oxigênio e escala subjetiva de esforço. Para aferir a frequência cardíaca, será utilizado um equipamento, o qual será fixado no seu tórax através de uma cinta elástica, sendo que este será devidamente higienizado antes

e depois do teste. Quanto ao consumo de oxigênio, uma máscara será acoplada em seu rosto, ela estará conectada a um aparelho analisador de gases, o qual vai mensurar o consumo de oxigênio em todos os momentos do teste. Em relação a escala subjetiva de esforço, utilizaremos uma escala, a qual será utilizada a cada 3 minutos de estágio no teste incremental, com o intuito de mensurar o nível de dificuldade da atividade, sendo “0”, considerado o mínimo de esforço e “10”, o nível máximo de dificuldade relacionada ao exercício físico em questão. Entre 48 e 72 horas, você comparecerá ao laboratório de condicionamento físico (LACONF) para a realização de novos testes e análises. Primeiramente, será realizada uma familiarização com os exercícios de força propostos e depois, você executará um teste de uma repetição máxima predita em cada um dos seguintes exercícios: Supino reto, Desenvolvimento de ombros, Puxada frontal, Leg press 45°, Agachamento no Smith e Cadeira extensora. Cerca de 48 horas depois, você retornará ao laboratório para a realização de um protocolo de treino concorrente. Entretanto, antes do início do protocolo, será necessário que você fique em repouso por 30 minutos, sentado em uma cadeira em cima da esteira ergométrica, com a máscara do analisador de gases acoplada em seu rosto. Esse procedimento deve ser repetido no final do teste. Sendo assim, o protocolo é dividido em duas partes: a primeira, é a realização de uma atividade aeróbia (20 a 30 minutos) em esteira ergométrica. Já a segunda parte, consiste na realização de seis exercícios de força (30 minutos), sendo os mesmos do teste de uma repetição máxima estimada. Depois de sete dias, você será convidado a voltar ao laboratório para realizar o protocolo de treino concorrente restante, seguindo os mesmos procedimentos do teste anterior.

Cada uma das sessões de treino concorrentes terão uma característica. Uma das sessões será menos intensa, ou seja, na parte aeróbia, o exercício será realizado de forma contínua. Já na parte dos exercícios de força, a carga utilizada também será menor. Por outro lado, na outra sessão, a intensidade será aumentada, fazendo com que a parte aeróbia seja feita a partir de um treino intervalado. Já no trabalho de força, as cargas dos exercícios serão aumentadas.

Pedimos que você não utilize qualquer tipo de medicamento anti-inflamatório, além disso, compareça com roupas adequadas para a prática de atividade física, não ingerir bebidas alcoólicas, cafeinadas, ou estimulantes nas 24 horas que antecederão a prática; dormir adequadamente na noite anterior à prática e ter realizado a última refeição (café da manhã, almoço e jantar) ao menos duas horas antes da realização dos testes. Por último, recomenda-se evitar atividades físicas vigorosas nas 24 horas antecedentes aos testes.

Desconfortos e riscos: esta pesquisa poderá oferecer riscos, pois, trata-se de uma atividade física, de moderada a alta intensidade, sendo assim, ficamos vulneráveis à lesões, exaustão, desidratação, e problemas no sistema cardiovascular. Tendo em vista estes riscos, você será avaliado através de um questionário internacional (PAR-Q), que nos ajuda a entender se suas condições atuais são favoráveis à prática de exercícios ou não. Se houver qualquer desconforto, durante ou após a realização dos protocolos, entre em contato com os pesquisadores deste trabalho (telefones, e-mails no final do documento), para que possamos melhor orientá-los.

Benefícios: primeiramente, no presente estudo, será proporcionado a todos os participantes o laudo de sua composição corporal e da capacidade cardiorrespiratória. Tendo isso em mãos, é possível, com a ajuda de um profissional de Educação Física, a elaboração de melhores parâmetros para os programas de condicionamento físico, contribuindo para a melhora da saúde do indivíduo, além disso, você estará colaborando com o avanço da ciência do exercício. Por último, poderá conhecer dois métodos de treinamento, os quais poderão auxiliar nas suas rotinas de atividade física.

Sigilo e privacidade: suas informações pessoais serão armazenadas em um banco de dados, onde somente os pesquisadores desta pesquisa terão acesso, sendo mantidos em sigilo em todo o processo e também na divulgação dos resultados finais deste estudo.

Custo/Reembolso/indenização para o participante: caso você tenha algum gasto com transporte, alimentação, ou despesas médicas, ocasionadas pelo estudo, os pesquisadores garantirão o ressarcimento dos mesmos. Além disso, qualquer dano, previsto ou não neste termo de consentimento, você terá direito à indenização.

Garantias ao participante: você terá direito ao acesso às informações desta pesquisa, além de seus procedimentos, riscos e benefícios, podendo esclarecer dúvidas diretamente com os pesquisadores, através dos números telefônicos citados abaixo. Além disso, você poderá se retirar dessa pesquisa a qualquer momento, independente do motivo, não acarretando prejuízos à você e ao estudo. Os resultados encontrados no presente estudo, serão divulgados em revistas e em eventos científicos, com a garantia de que seus dados pessoais (dados que o identifiquem) não sejam divulgados.

Contatos:

Para entrar em contato com os pesquisadores desta pesquisa, segue abaixo as informações:

Pesquisadores: Otávio Augusto Maçais Pereira - Endereços Residenciais: Rua Tiradentes, nº923, Centro, Muzambinho, MG, CEP: 37890-000. Telefone: (35)99849-1086 - e-mail: otavioaugustomacais@gmail.com

Pesquisador Assistente: Prof. Dr. Wonder Passoni Higino (professor orientador)
 - **Residencial:** Rua Antônio Donizete Gonçalves, 106; Jardim Ágape; Muzambinho/Minas Gerais. CEP: 37890-000 - Telefone: (35) 99821-3155 - e-mail: wonderhigino@gmail.com -
Institucional: Rua Dinah, 75; Jardim Canaã, Muzambinho/Minas Gerais. CEP: 37890-000 - Telefone: (35) 3571-5118 - e-mail: wonder.higino@muz.ifsuldeminas.edu.br.

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, responsável pelo acompanhamento ético de pesquisa com seres humanos, localizado na avenida: Vicente Simões, 1111 - Nova Pouso Alegre; CEP 37553-465, Pouso Alegre – MG; telefone (35) 3449-6153; e-mail: cep@ifsuldeminas.edu.br

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, que preza pelos direitos dos participantes em pesquisas com seres humanos, contribuindo para o desenvolvimento de pesquisas dentro de padrões éticos. Entrar em contato com o CEP sempre que se sentir prejudicado.

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Eu, _____, RG: _____, declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado pelos pesquisadores responsáveis, sobre os procedimentos que serão realizados, riscos e desconfortos, benefícios, custo/reembolso dos participantes, confidencialidade da pesquisa e garantias do participante. Declaro ainda que recebi uma via deste de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

_____, ____/____/____.

 (Assinatura do Participante)

APÊNDICE B – TERMO DE RESPONSABILIDADE DOS PESQUISADORES

Responsabilidade dos Pesquisadores

Asseguramos ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS, garantindo os direitos e deveres do participante da pesquisa. Asseguramos, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informamos que este termo está sendo apresentado ao participante, haja vista já ter sido submetido e contemplado com parecer favorável de sua execução pelo Comitê de Ética em Pesquisa Institucional. Comprometemo-nos a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento fornecido.

_____, ____/____/____.

Otávio Augusto Maçais Pereira
Pesquisador Responsável

Wonder Passoni Higino
Pesquisador Responsável

ANEXO I – PAR-Q - QUESTIONÁRIO ATIVIDADE FÍSICA

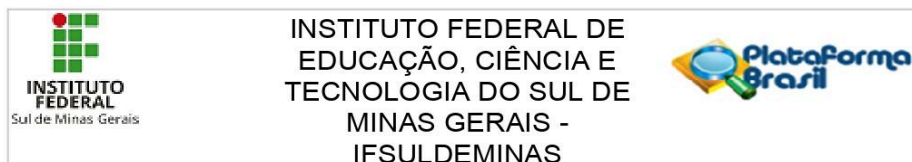
Se algum indivíduo responder “SIM” em uma ou mais perguntas, é aconselhável que, primeiramente, procure ajuda médica para realizar um exame completo para verificar possíveis alterações na sua saúde. Sendo assim, ele não participará dos testes. As questões abaixo seguem o Physical Activity Readiness Questionnaire ou PAR-Q, sendo elas:

<p>Este questionário tem objetivo de identificar a necessidade de avaliação por um médico antes do início da atividade física. Caso você responda "sim" a uma ou mais perguntas, converse com seu médico ANTES de aumentar seu nível atual de atividade física. Mencione este questionário e as perguntas às quais você respondeu "sim". Por favor, assinale "sim" ou "não" às seguintes perguntas:</p>
<p>1) Algum médico já disse que você possui algum problema de coração e que só deveria realizar atividade física supervisionado por profissionais de saúde? () sim () não</p>
<p>2) Você sente dores no peito quando pratica atividade física? () sim () não</p>
<p>3) No último mês, você sentiu dores no peito quando pratica atividade física? () sim () não</p>
<p>4) Você apresenta desequilíbrio devido a tontura e/ou perda de consciência? () sim () não</p>
<p>5) Você possui algum problema ósseo ou articular que poderia ser piorado pela atividade física? () sim () não</p>
<p>6) Você toma atualmente algum medicamento para pressão arterial e/ou problema de coração? () sim () não</p>
<p>7) Sabe de alguma outra razão pela qual você não deve praticar atividade física? () sim () não</p>
<p>Data, nome completo e assinatura: _____</p>

ANEXO II – ESCALA DE BORG (ESCALA SUBJETIVA DE ESFORÇO - PSE)

Escala de Borg (0 a 10)	
Escala Subjetiva de Esforço	
0	Nenhum Esforço
1	Muito Leve
2	Leve
3	Moderado
4	Pouco Intensa
5	Intensa
6	
7	Muito Intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Esforço Máximo

ANEXO III – COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre o consumo excessivo de oxigênio pós exercício (EPOC)

Pesquisador: OTAVIO AUGUSTO MACAIS PEREIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 76277623.0.0000.8158

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO SUL DE

Patrocinador Principal: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO SUL DE MINAS GERAIS

DADOS DO PARECER

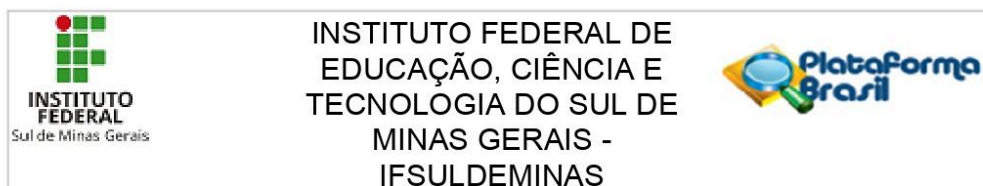
Número do Parecer: 6.584.791

Apresentação do Projeto:

Introdução:

O condicionamento físico é um processo sistematizado, que utiliza o exercício físico como uma ferramenta para promover adaptações morfológicas e funcionais no indivíduo. Nesse sentido, os estímulos motores de características submáximas e de longa duração, que utilizam grandes grupamentos musculares, são denominados de exercícios aeróbios. A sua prática necessita predominantemente de oxigênio para a produção energética e está relacionado com o aumento do VO₂max, que por sua vez, também provoca melhorias em índices submáximos, como o limiar anaeróbio (LAn). Por outro lado, ao realizar exercícios de curta duração e alta intensidade, os sistemas anaeróbios de conversão de energia são majoritariamente acionados, e geram como resultado o aumento de força, hipertrofia, resistência e potência muscular. Dessa maneira, os dois modos de exercício devem ser incluídos em um programa de treinamento, respeitando a frequência adequada de cada um. Dessa maneira, os dois modos de exercício devem ser incluídos em um programa de treinamento, respeitando a frequência adequada de cada um. Para isso, nos últimos anos a junção do treino aeróbio e resistido em uma única sessão ou microciclo de treinamento, denominado de treinamento combinado (TC), vem ganhando destaque, pois este

Endereço: Avenida Vicente Simões, 1111
Bairro: Nova Pouso Alegre **CEP:** 37.553-465
UF: MG **Município:** POUSO ALEGRE
Telefone: (35)3449-6153 **E-mail:** cep@fsuldeminas.edu.br



Continuação do Parecer: 6.584.791

pode ser uma solução prática para o cumprimento das diretrizes de programas de saúde e de alto rendimento, além de trazer economia de tempo e espaço e a redução na monotonia do treino. Ao melhorar a prescrição do TC, é possível otimizar as respostas metabólicas, o que pode significar um aumento do gasto calórico durante uma sessão ou rotina de treinamento.

Metodologia:

Tipo de estudo, local e período de coleta:

Pesquisa quantitativa aplicada (experimental). Todos os procedimentos da pesquisa ocorrerão no IFSULDEMINAS Campus Muzambinho no setor CeCAES e nos laboratórios LABFEX e LACONF. A data prevista para a coleta de dados é entre julho a dezembro de 2024.

População, amostra e recrutamento:

A população é composta de homens entre 18 a 35 anos, ativos fisicamente por pelo menos 3 meses antes do início da pesquisa. A amostra estimada é de cerca de 20 pessoas. O recrutamento será por meio das redes sociais Instagram e Whatsapp, bem como cartazes expostos no IF.

Método:

Após o período de avaliação inicial, os participantes serão submetidos a duas semanas de intervenção. No primeiro dia, será realizada uma avaliação da composição corporal e teste incremental em uma esteira ergométrica. Em uma outra visita ao laboratório, os voluntários realizarão um outro teste, dessa vez para determinação de cargas máximas. Já na terceira e quarta visita, de forma aleatória os participantes vão executar os protocolos de treinos concorrentes, sendo um dentro da zona de interferência e outro fora dessa zona. Para a determinação do EPOC, os voluntários deverão se manter sentados e equipados com o analisador de trocas gasosas durante 30 minutos (repouso pré exercício) e nos 30 minutos posteriores à execução da sessão de exercícios.

Instrumento de coleta de dados:

Questionário PAR-Q; Antropometria (InBody-720); Teste incremental; Determinação de cargas máximas (1RM); Determinação do EPOC; GDZ; GFZ; Frequência cardíaca (Polar RS800CX); Escala de Percepção de Esforço (PSE)

Endereço: Avenida Vicente Simões, 1111

Bairro: Nova Pouso Alegre

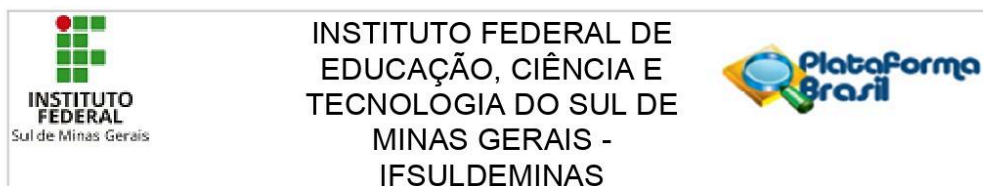
CEP: 37.553-465

UF: MG

Município: POUSO ALEGRE

Telefone: (35)3449-6153

E-mail: cep@fsuldeminas.edu.br



Continuação do Parecer: 6.584.791

Crítérios de inclusão:

- a) ser do sexo masculino;
- b) ter idade entre 18 e 35 anos;
- c) ser ativo fisicamente, por pelo menos 3 meses antes do início da pesquisa;
- d) não possuir nenhuma doença crônica ou condição incapacitante para os testes propostos;
- e) assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- f) ter respondido “não” para todas as perguntas do Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q).

Crítério de exclusão:

- a) a não realização/conclusão de um ou mais dos protocolos propostos, independente do período no processo de intervenção;
- b) faltar com respeito a algum dos integrantes da pesquisa;
- c) apresentar algum problema de saúde que impeça a realização dos testes e da intervenção;
- d) independente do motivo, ter o desejo de se retirar da pesquisa em qualquer momento.

Análise de dados:

Análise estatística; teste de Shapiro-Wilk; ANOVA de medidas repetidas com duas vias; teste t de Student.

Hipótese:

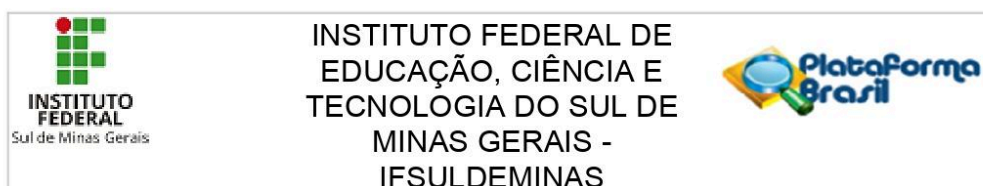
A utilização de diferentes protocolos de treino pode influenciar diretamente no EPOC, e consequentemente no gasto calórico do exercício concorrente.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO GERAL

Verificar a influência de diferentes protocolos de treinamento concorrente sobre o EPOC, utilizando como referência as zonas de interferência propostas por Docherty e Sporer (2000) e Jones (2014).

Endereço: Avenida Vicente Simões, 1111
Bairro: Nova Pousa Alegre **CEP:** 37.553-465
UF: MG **Município:** POUSO ALEGRE
Telefone: (35)3449-6153 **E-mail:** cep@fsuldeminas.edu.br



Continuação do Parecer: 6.584.791

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

A pesquisa poderá oferecer riscos, pois, trata-se de uma atividade física, de moderada a alta intensidade, sendo assim, lesões, exaustão, desidratação, e problemas no sistema cardiovascular, podem acontecer. Tendo em vista estes riscos, os voluntários serão avaliados através de um questionário internacional (PAR-Q), que ajuda a entender se condições são favoráveis à prática de exercícios ou não.

Benefícios:

Será proporcionado a todos os participantes o laudo de sua composição corporal e da capacidade cardiorrespiratória. Tendo isso em mãos, é possível, com a ajuda de um profissional de Educação Física, a elaboração de melhores parâmetros para os programas de condicionamento físico, contribuindo para a melhora da saúde do indivíduo. Além disso, o voluntário estará colaborando com o avanço da ciência do exercício. Por último, o participante poderá conhecer dois métodos de treinamento, os quais poderão auxiliar nas suas rotinas de exercício físico.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa em 2ª versão cuja instituição proponente é o IFSULDEMINAS Campus Muzambinho. Os documentos estão bem escritos, sucintos e objetivos, trazendo uma temática importante na área de educação física. O trabalho foi organizado e estruturado de forma a simplificar a avaliação do CEP.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados:

- a) Arquivo com as informações básicas do projeto;
- b) Folha de rosto com assinaturas;
- c) Projeto detalhado
- d) TCLE (responsáveis, alunos e professores)
- e) Cronograma
- f) Orçamento

Endereço: Avenida Vicente Simões, 1111

Bairro: Nova Pouso Alegre

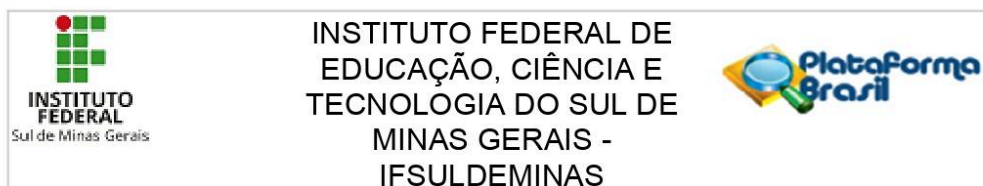
CEP: 37.553-465

UF: MG

Município: POUSO ALEGRE

Telefone: (35)3449-6153

E-mail: cep@fsuldeminas.edu.br



Continuação do Parecer: 6.584.791

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todos os óbices éticos observados em parecer anterior foram superados.

Considerações Finais a critério do CEP:

Conforme Resolução CNS n.466, de 12 de dezembro de 2012, cabe ao pesquisador a elaboração e apresentação dos relatórios parciais e final ao CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2254397.pdf	12/12/2023 17:36:17		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_otavio.pdf	12/12/2023 17:30:38	OTAVIO AUGUSTO MACAIS PEREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_otavio.pdf	12/12/2023 17:28:52	OTAVIO AUGUSTO MACAIS PEREIRA	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_otavio.pdf	04/12/2023 09:57:16	OTAVIO AUGUSTO MACAIS PEREIRA	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO_DA_PESQUISA_OTAVIO.pdf	30/11/2023 16:21:23	OTAVIO AUGUSTO MACAIS PEREIRA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_PESQUISA_OTAVIO.pdf	29/11/2023 10:04:26	OTAVIO AUGUSTO MACAIS PEREIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

POUSO ALEGRE, 15 de Dezembro de 2023

Assinado por:
Helois Turcatto Gimenes Faria
 (Coordenador(a))

Endereço: Avenida Vicente Simões, 1111	CEP: 37.553-465
Bairro: Nova Pouso Alegre	
UF: MG	Município: POUSO ALEGRE
Telefone: (35)3449-6153	E-mail: cep@fsuldeminas.edu.br

ANEXO IV – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA CIENTÍFICA - JSCR

Effects of Concurrent Training Within and Outside the Interference Zone on Excess Post-Exercise Oxygen Consumption in Young Adults

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the influence of different concurrent training protocols on excess post-exercise oxygen consumption (EPOC), using interference zones as a reference. Sixteen young adult males (age: 23.4 ± 2.9 years; body mass: 76.9 ± 10.1 kg; height: 174.0 ± 4.9 cm) participated in the study and completed, in a randomized order, two concurrent training sessions: one performed within the interference zone (INZ) and another performed outside the interference zone (OUTZ). Oxygen consumption (VO_2) was measured at rest and during 30 minutes of post-exercise recovery in consecutive 5-minute intervals, and the mean VO_2 across the entire recovery period was also analyzed. Results showed that, in the INZ session, VO_2 was significantly higher than rest during the first 10 minutes post-exercise (0–5 and 5–10 min; $p \leq 0.05$), whereas in the OUTZ session this significant increase occurred only during the 0–5 min interval. In both sessions, the highest VO_2 was observed immediately post-exercise (0–5 min), followed by significant reductions across subsequent intervals. Additionally, VO_2 was significantly greater in the INZ session compared with the OUTZ session during the first two recovery intervals (0–5 and 5–10 min; $p \leq 0.05$). When considering the full 30-minute recovery period, mean VO_2 was significantly higher than rest in both sessions ($p \leq 0.05$), with greater values observed in the INZ session compared with the OUTZ session. Significant differences between sessions were observed for total session duration, peak heart rate, and rating of perceived exertion, whereas total resistance training workload and mean heart rate did not differ. In conclusion, performing concurrent training within the interference zone results in a greater EPOC magnitude and may enhance post-exercise energy expenditure, whereas training outside the interference zone may be more suitable when physical performance is the primary objective.

KEY WORDS

post-exercise metabolism; energy expenditure; combined training

INTRODUCTION

Physical conditioning is a systematic process that uses exercise training as a tool to promote morphological and functional adaptations in individuals. Exercise stimuli characterized by submaximal intensity and prolonged duration, involving large muscle groups, are typically classified as aerobic exercise. This type of exercise relies predominantly on oxidative metabolism for energy production and is associated with increases in maximal oxygen uptake (VO_2max), as well as improvements in submaximal indices such as the anaerobic threshold (6,8).

In contrast, short-duration, high-intensity exercise predominantly activates anaerobic energy systems and results in adaptations related to muscular strength, hypertrophy, local muscular endurance, and power (15,29).

Given the distinct physiological adaptations elicited by aerobic and resistance exercise, both modes should be incorporated into training programs with appropriate frequency and organization. In this context, the combination of aerobic and resistance training within the same session or microcycle—commonly referred to as combined or concurrent training—has gained increasing attention in recent years. This approach represents a practical strategy for meeting health- and performance-related guidelines, while also offering advantages such as time efficiency, reduced training monotony, and optimized use of training space (24).

Evidence indicates that concurrent training can promote substantial cardiorespiratory and neuromuscular adaptations; however, the magnitude and direction of these adaptations may be influenced by several factors, including the individual's training status, exercise order, training volume, intensity, and recovery intervals (13,23). Consequently, concurrent training may lead to either synergistic or antagonistic adaptations, a phenomenon commonly referred to as the interference effect.

In an attempt to better explain this phenomenon, Docherty and Sporer proposed the concept of an interference zone based on the intensity of both aerobic and resistance exercise stimuli (9). According to these authors, interference is more likely to occur when aerobic exercise is performed at intensities between 95 and 100% of VO_2max and resistance exercise is performed within a range of 8 to 10 repetition maximum. Nevertheless, subsequent evidence suggests that the interference effect is multifactorial. Factors such as weekly aerobic training frequency, proximity between training sessions, exercise modality (e.g., running, cycling, rowing), and the order of exercise execution may also play a relevant role in modulating training adaptations (20).

In addition to factors related to training interference, variables such as training status, exercise intensity and duration, and environmental conditions may influence excess post-exercise oxygen consumption (EPOC). EPOC represents the period during which oxygen consumption and energy expenditure remain elevated above resting levels following exercise cessation. This response reflects the energetic cost of restoring physiological processes to baseline conditions, including adenosine triphosphate resynthesis, lactate clearance, and hormonal rebalancing, thereby contributing to total post-exercise energy expenditure (19,26).

Previous studies have demonstrated that the order of aerobic and resistance exercise within a concurrent training session may affect EPOC magnitude, as well as other acute physiological responses (4,12,24).

Therefore, optimizing the prescription of concurrent training protocols may enhance metabolic responses and increase post-exercise energy expenditure. However, limited evidence is available regarding the influence of training protocols performed within and outside the proposed interference zone on EPOC responses. Accordingly, the purpose of this study was to examine the effects of different concurrent training protocols on EPOC, using the interference zones proposed by Docherty and Sporer as a reference (9).

METHODS

Experimental Approach To The Problem

A randomized, crossover experimental design was used to examine the effects of different concurrent training protocols on excess post-exercise oxygen consumption (EPOC), using the interference zone as a reference. Each participant completed two experimental sessions of concurrent training in a randomized order: one session performed within the interference zone (INZ) and another performed outside the interference zone (OUTZ). A minimum washout period of 72 hours was adopted between sessions to minimize potential carryover effects.

The independent variable was the type of concurrent training protocol, defined according to whether the session was performed within or outside the proposed interference zone. The primary dependent variable was oxygen consumption during the post-exercise recovery period, assessed over 30 minutes and analyzed in consecutive 5-minute intervals, as well as as a mean value across the entire recovery period. Secondary dependent variables included session duration, peak and mean heart rate, rating of perceived exertion, and total resistance training volume load.

All experimental sessions were conducted at the same time of day to control for circadian influences. Participants were instructed throughout the study period to avoid strenuous exercise, alcohol, caffeine, and other stimulants during the 24 hours preceding each experimental session. This experimental approach was designed to allow direct comparison of acute metabolic responses to concurrent training performed within and outside the interference zone.

Subjects

Sixteen young adult males (age: 23.4 ± 2.9 years; body mass: 76.9 ± 10.1 kg; height: 174.0 ± 4.9 cm) voluntarily participated in this study. Participants were classified as physically active for at least 3 months prior to the beginning of the study and had previous experience with resistance training. Volunteers were recruited from local fitness centers and from the campus of the institution where the study was conducted, as well as through mobile phone text messages distributed via social media and personal contact networks.

Inclusion criteria consisted of being male, aged between 18 and 30 years, physically active for a minimum of 3 months, presenting no contraindications to exercise as determined by the completion of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q), and being free from musculoskeletal, cardiovascular, or metabolic disorders that could limit exercise performance. Exclusion criteria included the presence of any acute or chronic injury, self-reported cardiovascular, metabolic, or neurological disease, use of medications or substances known to affect cardiovascular, metabolic, or neuromuscular responses, and failure to comply with the experimental procedures or pre-testing instructions.

All participants were informed about the study procedures, potential risks, and benefits before participation and provided written informed consent. The study protocol was approved by the local Research Ethics Committee (approval number: 6,584,791; CAAE: 23087.019646/2023-58) and was registered in the Brazilian Registry of Clinical Trials (ReBEC; RBR-10kdbt3j).

Laboratory Visits And General Procedures

All procedures of the present study were conducted at the Center for Applied Sciences in Education and Health (CeCAES) of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the South of Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Muzambinho campus, specifically in the Exercise Biochemistry and Physiology Laboratory (LABFEX) and the Physical Conditioning Laboratory (LACONF). The experimental procedures were carried out over a two-week period.

During the first laboratory visit, participants completed the informed consent form and the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). Subsequently, participants underwent body composition assessment, resting oxygen consumption (VO_{2rest}) measurement, and a continuous incremental treadmill test for the determination of variables associated with aerobic power and aerobic capacity.

Between 24 and 48 hours later, during the second laboratory visit, participants performed a familiarization session with the resistance exercises included in the concurrent training protocols. Immediately thereafter, 5-repetition maximum (5RM) and 10-repetition maximum

(10RM) tests were performed for the upper-body exercises: barbell bench press, lat pulldown, and machine shoulder press. During the third laboratory visit, participants continued the RM testing procedures for the lower-body exercises, including the leg curl, leg extension, and 45° leg press.

Approximately 48 hours later, participants performed two concurrent training sessions in a randomized order: one session conducted within the interference zone (INZ) and another session conducted outside the interference zone (OUTZ) (2). A one-week interval was maintained between the two concurrent training sessions. Following each training session, participants remained seated and motionless while wearing a facemask connected to the gas exchange analyzer for 30 minutes, during which excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) was assessed.

All five laboratory visits were conducted at the same time of day (± 1 hour). Participants were instructed to avoid strenuous physical exercise and alcohol consumption for 24 hours prior to each visit. Additionally, participants were instructed to abstain from caffeine-containing beverages or central nervous system stimulants for at least 10 hours before testing.

Participants were also advised to obtain an adequate night of sleep prior to testing days and to consume their last meal at least 2 hours before the execution of the experimental protocols.

Anthropometry

Body composition was assessed using octapolar bioelectrical impedance analysis (InBody 720, Biospace Co. Ltd., Seoul, South Korea). This method allowed the determination of skeletal muscle mass, body fat percentage, fat mass, and total body mass. Standing height was measured using a wall-mounted aluminum stadiometer (Standard, Sanny, São Paulo, Brazil).

For height assessment, participants stood in an upright position with the posterior region of the heels, gluteal region, posterior aspect of the shoulders, and occipital region in contact with the stadiometer. Measurements were performed during a brief respiratory apnea, with

the head positioned parallel to the floor according to the Frankfurt plane, and the stadiometer cursor positioned at a 90° angle relative to the scale (7).

Following height measurement, participants stepped onto the bioimpedance scale barefoot, wearing light clothing and without metallic objects. Hands and feet were positioned on the designated electrodes to allow electrical current conduction. Prior to testing, participants followed standardized pre-assessment guidelines, including abstaining from diuretic medications for 7 days, fasting for at least 4 hours, avoiding alcohol consumption for 48 hours, refraining from intense physical activity for 24 hours, and emptying the bladder within 30 minutes before the assessment (27).

Strength Testing And Load Equalization

Participants performed a standardized treadmill warm-up for 5 minutes at an intensity corresponding to 10% below the first ventilatory threshold (VT1), followed by 2 minutes of passive rest before the initiation of the strength testing procedures.

Maximal dynamic strength was assessed using 5-repetition maximum (5RM) and 10-repetition maximum (10RM) tests. Participants were allowed up to three attempts to determine the load corresponding to the prescribed number of repetitions, with 3 minutes of passive rest provided between attempts. This protocol was adapted from previously published procedures (28).

The highest load successfully completed for 5 or 10 repetitions with proper exercise technique was considered the maximal load (5RM or 10RM) and was used to establish relative exercise intensities for the concurrent training protocols. To ensure training load equalization between experimental sessions, total resistance training load was calculated according to the method proposed by Enright (10). Briefly, the load lifted in each exercise was calculated as the product of the number of repetitions performed and the external load (kg). The values obtained for all exercises were subsequently summed to determine the total session load. Minor adjustments in the number of sets were performed when necessary to ensure comparable total training loads between sessions.

Resting Oxygen Consumption And EPOC Determination

On the first data collection day, participants arrived at the laboratory and were fitted with a facemask connected to a gas exchange analyzer (HandyMET CLINIC, MDI Industrial, Lauro de Freitas, Bahia, Brazil). Participants then remained at rest for 30 minutes in a quiet environment, lying in the supine position with the head elevated at approximately 45°, according to the manufacturer's recommendations, for the determination of basal oxygen consumption.

Resting oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{rest}}$) was calculated as the mean oxygen uptake value observed across the 30-minute resting period. Following each concurrent training session, participants remained seated and motionless while wearing the facemask connected to the gas analyzer for an additional 30 minutes, during which post-exercise oxygen consumption was continuously measured.

Excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) was determined by subtracting resting oxygen consumption from post-exercise oxygen consumption, following procedures adapted from previous studies (29). Additionally, EPOC was analyzed in consecutive 5-minute intervals, as previously described in similar experimental designs (1). Specifically, the mean oxygen consumption recorded during each 5-minute interval (0–5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, and 25–30 minutes post-exercise) was calculated and subsequently subtracted from the resting oxygen consumption value obtained prior to exercise. This approach allowed the determination of EPOC magnitude for each recovery interval, as well as across the entire 30-minute post-exercise period.

Concurrent Training Session – Within The Interference Zone (Inz)

Initially, the aerobic phase of the session was performed. Participants completed a standardized warm-up consisting of 5 minutes of treadmill running at an intensity corresponding to 10% below the first ventilatory threshold (VT1), followed by 2 minutes of passive rest prior to the main aerobic protocol. Subsequently, the aerobic phase consisted of five 30-second running bouts at 100% of $\text{VO}_{2\text{max}}$, interspersed with 2 minutes of active recovery at 68% of $\text{vVO}_{2\text{max}}$, performed on a motorized treadmill (14).

Following completion of the aerobic phase, the resistance training phase was initiated. This phase was structured according to the American College of Sports Medicine recommendations for intermediate individuals, which suggest performing 5 to 10 exercises per session, with 2 to 5 sets per exercise, including both single-joint and multi-joint exercises (3). In addition, training intensity was defined based on the interference zone concept, in which resistance exercise performed within the range of 8 to 10 repetitions is proposed to represent the zone of interest (2). Accordingly, the resistance training protocol was conducted within this repetition range.

The resistance training protocol consisted of six exercises, performed at an intensity corresponding to 10-repetition maximum (10RM), including three upper-body and three lower-body exercises. Upper-body exercises were performed first, followed by lower-body exercises.

Upper-body exercises were performed in the following order: barbell bench press, lat pulldown, and machine shoulder press. Lower-body exercises were performed in the following order: leg curl, leg extension, and 45° leg press. Each exercise was performed for 2 to 3 sets, according to load equalization across participants, with short recovery intervals of approximately 2 minutes between sets (22). No rest intervals were allowed between exercises.

Immediately after completion of the final resistance exercise, participants remained at rest while wearing a facemask connected to the gas exchange analyzer for 30 minutes, during which excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) was measured.

Concurrent Training Session – Outside The Interference Zone (Outz)

Initially, participants completed a standardized warm-up consisting of 5 minutes of treadmill running at an intensity corresponding to 10% below the first ventilatory threshold (VT1), followed by 2 minutes of passive rest prior to the main aerobic protocol. The aerobic phase consisted of 30 minutes of continuous treadmill running at 60% of VO_2max , performed on a motorized treadmill (4). Approximately 5 minutes after completion of the aerobic phase, the resistance training phase was initiated.

The resistance training protocol was designed to be performed outside the interference zone, as proposed previously (2), and consisted of exercises executed at an intensity corresponding to 4 to 6 repetition maximum (4–6RM). The protocol included six resistance exercises, with three upper-body and three lower-body exercises.

Upper-body exercises were performed in the following order: barbell bench press, lat pulldown, and machine shoulder press. Lower-body exercises were performed in the following order: leg curl, leg extension, and 45° leg press. Each exercise was performed for 4 sets, with 3 minutes of rest between sets, and no rest interval between exercises.

Immediately following the completion of the final resistance exercise, participants remained at rest while wearing a facemask connected to the gas exchange analyzer for 30 minutes, during which excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) was measured..

Rating Of Perceived Exertion

Rating of perceived exertion (RPE) was used to assess the participant's subjective perception of effort during physical tasks. Prior to testing, participants were instructed that the term "effort" referred to how hard the exercise felt at a given moment. A 0–10 scale was employed, in which 0 represented no perceived effort and 10 indicated maximal perceived exertion. Moderate-intensity exercise was described as corresponding to values of 5 or 6 on the revised scale.

In the present study, the RPE scale was applied during the incremental treadmill test, with ratings recorded at the end of each stage, as previously described in the literature (6,17).

Standardized Warm-Up

Participants performed a standardized general warm-up prior to the incremental treadmill test, maximal strength testing, and concurrent training protocols. According to the recommendations of the American Society of Exercise Physiologists, the purpose of a general warm-up is to increase body temperature and should consist of light-intensity activities (31).

For the incremental treadmill test, the warm-up consisted of 5 minutes of running at a speed between 7 and 8 km·h⁻¹, depending on the participant's familiarity with the treadmill

ergometer. Participants with lower familiarity performed the warm-up at 7 km·h⁻¹, whereas those with greater familiarity performed the warm-up at 8 km·h⁻¹.

After determination of the ventilatory thresholds and considering individual specificity, a standardized warm-up was subsequently performed at an intensity corresponding to 10% below the first ventilatory threshold (VT1), followed by 2 minutes of passive rest before the main phase of the experimental protocols.

STATISTICAL ANALYSES

After data collection, results were expressed as mean ± standard deviation. Data normality was assessed using the Shapiro–Wilk test, in conjunction with analyses of kurtosis and skewness. Once normal data distribution was confirmed, a two-way repeated-measures analysis of variance (ANOVA) was applied, with condition (within the interference zone vs. outside the interference zone) and time (5, 10, 15, 20, 25, and 30 minutes post-exercise) as within-subject factors. When significant effects were identified, Bonferroni-adjusted post hoc tests were performed.

For pairwise comparisons between conditions, including rating of perceived exertion (RPE) and total excess post-exercise oxygen consumption (EPOC), a paired Student's t-test was applied. For all statistical analyses, the criterion for statistical significance was set at $p \leq 0.05$. All statistical analyses were performed using JAMOV statistical software (version 1.6.23).

RESULTS

Participant anthropometric, body composition, and cardiorespiratory characteristics are presented in Table 1.

Post-exercise oxygen consumption responses following concurrent training sessions performed within and outside the interference zone are shown in Figure 1. Oxygen consumption was significantly higher than resting values during the initial post-exercise period in both conditions. However, the session performed within the interference zone resulted in a greater oxygen consumption during the first 10 minutes of recovery compared with the session performed outside the interference zone. In both conditions, oxygen

consumption peaked during the 0–5 min interval and progressively decreased over the subsequent recovery periods.

Mean oxygen consumption during the 30-minute recovery period was significantly higher than resting values in both concurrent training sessions (Figure 2). In addition, mean post-exercise oxygen consumption was significantly greater following the session performed within the interference zone compared with the session performed outside the interference zone.

Session characteristics for concurrent training performed within and outside the interference zone are presented in Table 2. No significant differences were observed between conditions for strength training volume load or mean heart rate. However, session duration was significantly longer during the session performed outside the interference zone. In contrast, peak heart rate and rating of perceived exertion were significantly higher during the session performed within the interference zone.

DISCUSSION

The purpose of this study was to investigate the effects of different concurrent training protocols on excess post-exercise oxygen consumption (EPOC), considering both the temporal behavior of oxygen consumption during a 30-minute recovery period and the mean post-exercise oxygen uptake. Additionally, the relationship between EPOC and internal training load, assessed via heart rate and rating of perceived exertion, was examined by comparing sessions performed within and outside the interference zone.

The main findings indicate that concurrent training performed within the interference zone resulted in a greater magnitude of EPOC during the initial 10 minutes of recovery, as well as higher mean oxygen consumption across the 30-minute post-exercise period, compared with training performed outside the interference zone. In both conditions, oxygen consumption peaked during the first 5 minutes following exercise cessation and progressively declined thereafter.

The temporal pattern observed in the present study is consistent with the classical biphasic model of EPOC. The initial rapid phase is characterized by an exponential decline in oxygen

consumption and is primarily associated with the restoration of adenosine triphosphate and phosphocreatine stores, whereas the subsequent slow phase reflects ongoing metabolic processes such as lactate clearance, glycogen resynthesis, triacylglycerol re-esterification, hormonal regulation, and muscle tissue repair (26).

Notably, both the early post-exercise oxygen consumption and the mean EPOC over 30 minutes were higher in the session performed within the interference zone. This greater metabolic response was accompanied by higher peak heart rate and perceived exertion, indicating a higher internal training load despite the shorter total session duration. These findings suggest that the relative intensity and density of exercise stimuli exert a stronger influence on EPOC than total session duration or external workload, particularly when strength training volume is equated between sessions (28).

This interpretation is supported by previous work demonstrating that protocols characterized by shorter recovery intervals and higher relative intensity tend to elicit greater EPOC responses, even when total work is similar (28). In the present study, the session performed outside the interference zone involved longer inter-set rest intervals, which likely reduced the relative anaerobic contribution and allowed for partial metabolic recovery during the session. Conversely, the shorter rest intervals used in the session performed within the interference zone may have limited metabolic compensation, resulting in greater post-exercise oxygen demand.

Comparisons with previous investigations further support these findings. Pilon et al. (28), examining isocaloric aerobic, resistance, and concurrent training sessions, reported that protocols with higher relative intensity produced greater EPOC, regardless of total exercise duration. Although their study involved older adults, the physiological pattern observed aligns with the present findings in young adults, suggesting that the influence of relative intensity on EPOC is consistent across age groups.

In contrast, Abrantes et al. (1) reported elevated heart rate responses during resistance exercise performed after aerobic activity, without a concomitant increase in oxygen consumption. This discrepancy may be explained by differences in resistance exercise

intensity, as the present study employed strength training within a higher intensity range, leading to concurrent elevations in heart rate and oxygen consumption. Together, these findings suggest that the magnitude and direction of post-exercise metabolic responses following concurrent training are highly dependent on the intensity of the resistance exercise component.

From a practical perspective, these results expand the application of the interference zone concept. While classical literature emphasizes potential negative effects of training within the interference zone on neuromuscular adaptations and performance (9), the present findings demonstrate that such protocols may be advantageous when the primary goal is to maximize post-exercise metabolic demand and total energy expenditure. Conversely, concurrent training performed outside the interference zone may be more appropriate when performance preservation or optimization is prioritized.

Some limitations should be acknowledged. The sample consisted exclusively of young, physically active men, which limits generalization to other populations. Additionally, EPOC was assessed for 30 minutes post-exercise; longer monitoring periods may provide further insight into prolonged metabolic responses. Finally, acute responses were examined, and chronic adaptations to repeated exposure remain to be determined.

In conclusion, concurrent training performed within the interference zone elicits a greater magnitude of EPOC and higher internal training load compared with training performed outside the interference zone, despite a shorter session duration. These findings suggest that the interference zone concept should be interpreted contextually, considering the specific objectives of training prescription, whether metabolic optimization or performance-oriented outcomes.

PRACTICAL APPLICATIONS

From an applied perspective, the findings of the present study indicate that the organization of concurrent training sessions has a relevant influence on post-exercise metabolic responses. Concurrent training performed within the interference zone appears to be a potentially effective strategy when the primary goal is to increase total energy expenditure

and post-exercise metabolic demand, particularly in health-oriented training contexts. Conversely, concurrent training performed outside the interference zone may be more appropriate when the main objective is physical performance, as it may minimize negative interactions between aerobic and resistance exercise stimuli.

Overall, the practical application of the interference zone concept should be based on an integrated consideration of training goals, target population, and protocol characteristics. Future studies are warranted to examine EPOC responses over longer recovery periods and across different populations and concurrent training prescription strategies, in order to further clarify the metabolic implications of this training approach.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the Federal University of Alfenas (UNIFAL) and the Federal Institute of Education, Science and Technology of Southern Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Muzambinho campus, for providing the infrastructure and support necessary to conduct this study.

This study was financed in part by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel – Brazil (CAPES), Finance Code 001, grant number 23087.019646/2023-58.

The authors declare no conflicts of interest. The results of the present study do not constitute endorsement of any product by the authors or by the National Strength and Conditioning Association (NSCA).

Author Contributions: O.P. contributed to study conception and design, data collection, data analysis, and manuscript drafting. L.D. contributed to data collection and manuscript revision. W.H. contributed to study supervision, statistical analysis, data interpretation, and critical revision of the manuscript. All authors approved the final version of the manuscript.

REFERENCES

(1) Abrantes C, Martins S, Pereira A, et al. Physiological exercise and post-exercise effects of inverse sequences of combined bench-step aerobics and resistance exercise. *Journal of Human Kinetics*. 2021;77:61–70. doi:10.2478/hukin-2021-0011

- (2) Baar K. Using molecular biology to maximize concurrent training. *Sports Medicine*. 2014;44(Suppl 2):117–125. doi:10.1007/s40279-014-0252-0
- (3) American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 12th ed. Philadelphia (PA): Wolters Kluwer; 2025.
- (4) Di Blasio A, Di Iorio A, Campi M, et al. Order effects of concurrent endurance and resistance training on post-exercise response of non-trained women. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2012;11(3):393–399.
- (5) Caputo F. Exercício aeróbio: aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 2009;11(1):94–102.
- (6) Cabral LL, Nakamura FY, Silva AS, et al. Initial validity and reliability of the Portuguese Borg rating of perceived exertion 6–20 scale. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. 2020;24(2):103–114. doi:10.1080/1091367X.2019.1710709
- (7) Charro MA, Bacurau RFP, Navarro F, et al. Medidas antropométricas. In: Charro MA, Bacurau RFP, editors. *Manual de Avaliação Física*. São Paulo: Phorte; 2010. p. 32–33.
- (8) Denadai BS, Ortiz MJ, Greco CC, et al. Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO_2 max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2006;31(6):737–743. doi:10.1139/h06-080
- (9) Docherty D, Sporer B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Medicine*. 2000;30(6):385–394.
- (10) Enright K, Morton JP, Roberts JD. Monitoring concurrent training load: considerations for volume load calculation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015;29(10):2964–2971. doi:10.1519/JSC.0000000000000952
- (11) Esfarjani F, Laursen PB. Manipulating high-intensity interval training: effects on lactate threshold and 3000-m running performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2007;10(1):27–35. doi:10.1016/j.jsams.2006.05.014

- (12) Ferrari R, Alberton CL, Pinto SS, et al. Oxygen consumption during concurrent training: influence of intra-session exercise sequence and aerobic exercise modality. *Biology of Sport*. 2018;35(3):247–252. doi:10.5114/biolSport.2018.74637
- (13) Fyfe JJ, Bishop DJ, Steele J. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine*. 2014;44(6):743–762. doi:10.1007/s40279-014-0162-1
- (14) Germano MD, Ruggiero L, Denadai BS, et al. Effect of different recoveries during HIIT sessions on metabolic and cardiorespiratory responses and sprint performance in healthy men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019;36(1):121–129. doi:10.1519/JSC.0000000000003423
- (15) Gobbi S, Villar R, Zago AS. Conceito e contexto do condicionamento físico. In: Gobbi S, Villar R, Zago AS, editors. *Bases Teórico-Práticas do Condicionamento Físico*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005. p. 128–154.
- (16) Heyward VH. Avaliação da aptidão cardiorrespiratória. In: *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. 6th ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2013. p. 88–89.
- (17) Hickson RC. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology*. 1980;45(2–3):255–263.
- (18) Howley ET, Bassett DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1995;27(9):1292–1301.
- (19) Jiang L, Zhang Y, Wang Z, et al. Acute interval running induces greater excess post-exercise oxygen consumption than continuous running. *Scientific Reports*. 2024;14:59893. doi:10.1038/s41598-024-59893-9
- (20) Jones TW. Concurrent training: neuroendocrine and molecular mechanisms of strength and endurance training incompatibility [dissertation]. Newcastle (UK): Northumbria University; 2014.
- (21) Kuipers H. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *International Journal of Sports Medicine*. 1985;6(4):197–201.

- (22) Lira FS, Oliveira RS, Julio UF, et al. Consumo de oxigênio pós-exercício de força e aeróbio: efeito da ordem de execução. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2007;13(6):402–406.
- (23) Methenitis S. A brief review on concurrent training: from laboratory to the field. *Sports*. 2018;6(4):127. doi:10.3390/sports6040127
- (24) Nuñez TP, Amorim FT, Beltz NM, et al. Metabolic effects of two high-intensity circuit training protocols: does sequence matter? *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2020;18(1):14–20. doi:10.1016/j.jesf.2019.08.001
- (25) Panissa VLG, Fukuda DH, Staibano V, et al. Magnitude and duration of excess post-exercise oxygen consumption between high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise: a systematic review. *Obesity Reviews*. 2020;22(1):e13099. doi:10.1111/obr.13099
- (26) Petroski EL, Pires-Neto CS, Glaner MF, et al. Composição corporal em idosos. In: Petroski EL, editor. *Antropometria: Técnicas e Padronizações*. 5th ed. Várzea Paulista: Fontoura; 2011. p. 151.
- (27) Pilon R, Matos-Santos L, Monteiro W, et al. Effects of isocaloric resistance, aerobic, and concurrent exercise on excess postexercise oxygen consumption in older adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2024;38(4):755–761.
- (28) Simões RP, Souza GG, Souza RA, et al. Treinamento físico combinado na reabilitação cardiovascular. In: Martins JA, Karsten M, Dal Corso S, editors. *PROFISIO – Programa de Atualização em Fisioterapia Cardiovascular e Respiratória*. Porto Alegre: Artmed; 2022. p. 9–35.
- (29) Oliveira LP, Oliveira TP. Acute effects of resistance and aerobic exercise order on excess postexercise oxygen consumption. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2011;17(6):404–408.

- (30) Taipale RS, Mikkola J, Nummela A, et al. Combined strength and endurance session order: differences in force production and oxygen uptake. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2015;10(4):418–425. doi:10.1123/ijsp.2014-0316
- (31) Taylor HL. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. *Journal of Applied Physiology*. 1955;8:73–80.
- (32) Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. *Research Methods in Physical Activity*. 6th ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2012.
- (33) Thompson WR. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 8th ed. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
- (34) Viana-Gomes D. Respostas agudas e adaptações crônicas no tecido muscular ao treinamento intervalado de alta intensidade. *Arquivos em Movimento*. 2017;12(2):64–79.
- (35) Villaca Alves J, Saavedra F, Simão R, et al. Does aerobic and strength exercise sequence in the same session affect oxygen uptake during and post-exercise? *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011. doi:10.1519/JSC.0b013e318207ef4b
- (36) Williams MA, Haskell WL, Ades PA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. *Circulation*. 2007;116(5):572–584.
doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185214
- (37) American Society of Exercise Physiologists. *ASEP Exercise Guidelines*. Duluth (MN): ASEP; 2003.

Table 1. Descriptive characteristics of the participants (n = 16).

Variables	Mean \pm SD	Minimum	Maximum
Age (years)	23,40 \pm 2,87	18,00	28,00
Body mass (kg)	76,90 \pm 10,1	57,60	97,70
Height (cm)	174,00 \pm 4,94	165,00	185,00
Body fat (%)	17,40 \pm 5,49	6,80	28,50
VO ₂ max (L·min ⁻¹)	3,36 \pm 0,18	2,96	3,57
VO ₂ max (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	44,50 \pm 6,39	35,60	56,20
vVO ₂ max (km·h ⁻¹)	13,70 \pm 0,85	12,30	15,00
VT1 (km·h ⁻¹)	8,75 \pm 0,85	7,00	10,00
VT2 (km·h ⁻¹)	10,90 \pm 0,77	10,00	12,00

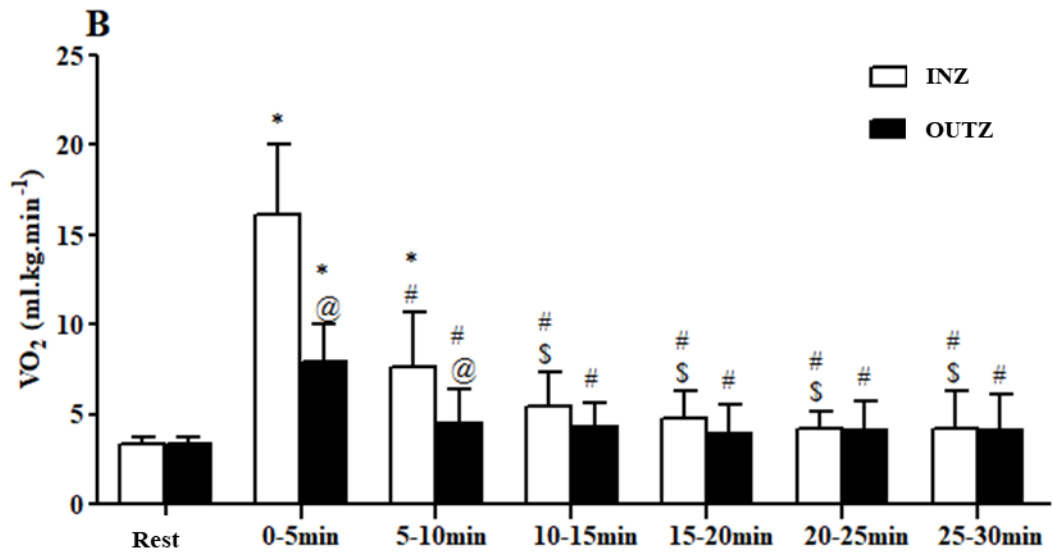
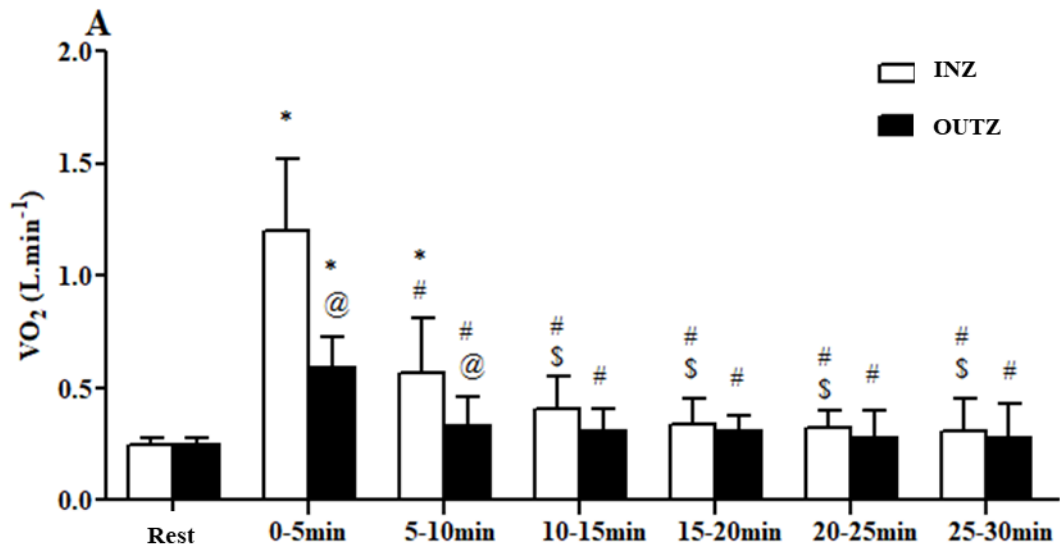
VO₂max = maximal oxygen uptake; vVO₂max = velocity associated with VO₂max; VT1 = first ventilatory threshold; VT2 = second ventilatory threshold.

Table 2. Mean \pm SD values, significance level (p-value), mean differences, and 95% confidence intervals for variables characterizing concurrent training sessions performed within (INZ) and outside (OUTZ) the interference zone (n = 16).

Variable	INZ	OUTZ	p-value	Mean difference	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
CT-TF (u.a.)	13358 \pm 1403	13214 \pm 1489	0,340	144,00	-167,00	455,00
Session duration (min)	53,00 \pm 6,85	100,00 \pm 7,84*	0,001	-47,40	-53,60	-41,2
Mean HR (bpm)	130,00 \pm 14,3	118,00 \pm 15,90	0,136	12,30	-4,96	29,50
Peak HR (bpm)	179,00 \pm 11,60	166,00 \pm 12,30*	0,005	13,10	5,52	20,70
RPE (u.a.)	8,00 \pm 1,41	5,75 \pm 1,28*	0,002	2,25	1,18	3,32

Abbreviations: CT-TF = total workload of resistance training during concurrent training sessions; HR = heart rate; RPE = rating of perceived exertion; a.u. = arbitrary units.

*Significant difference between INZ and OUTZ ($p \leq 0.05$).



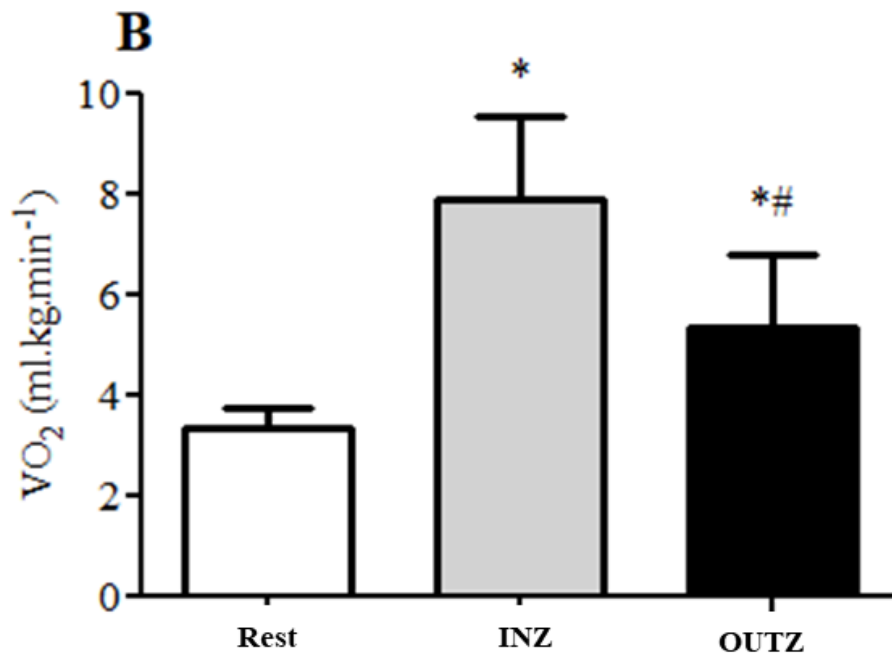
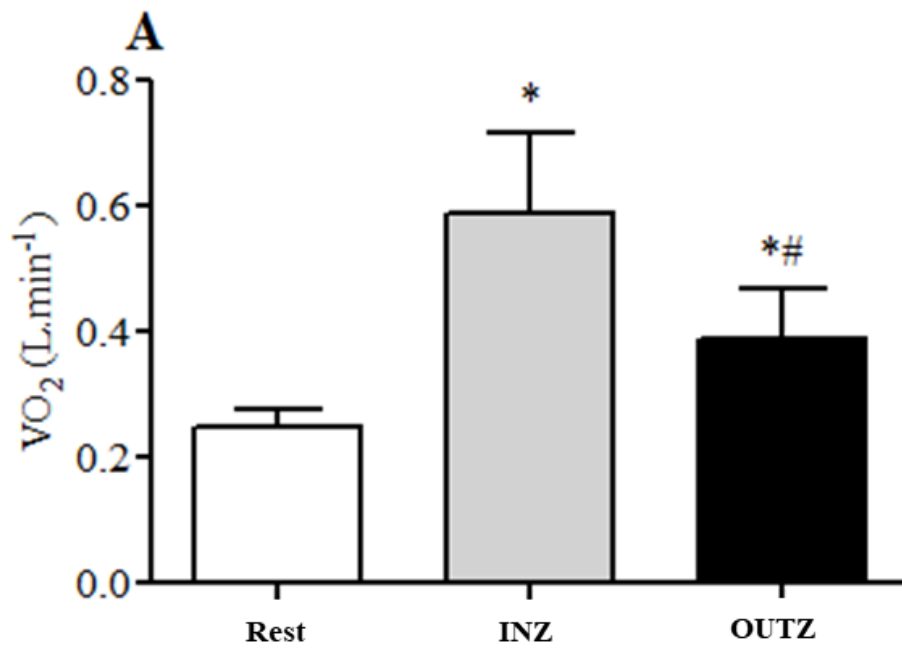


Figure 1. Mean \pm SD oxygen consumption (VO_2) values at rest and during successive 5-min intervals across the 30-min post-exercise recovery period following concurrent training performed within (DZI) and outside (FZI) the interference zone. (A) Absolute VO_2 values. (B) Relative VO_2 values. *Significant difference compared with rest; # significant difference compared with the 0–5 min interval; \$ significant difference compared with the 5–10 min interval; @ significant difference between conditions (DZI vs. FZI) at the same time interval. $p \leq 0.05$ (n = 16).

Figure 2. Mean \pm SD oxygen consumption (VO_2) values at rest and averaged across the 30-min post-exercise recovery period following concurrent training performed within (DZI) and outside (FZI) the interference zone. (A) Absolute VO_2 values. (B) Relative VO_2 values. *Significant difference compared with rest; # significant difference compared with DZI. $p \leq 0.05$ (n =