UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA - BACHARELADO

PEDRO HENRIQUE GONÇALVES DA SILVA

EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE NA ECONOMIA DE CORRIDA E VO2MAX EM CORREDORES - REVISÃO DA LITERATURA

RECIFE
2025

PEDRO HENRIQUE GONÇALVES DA SILVA

EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE NA ECONOMIA DE CORRIDA E VO2MAX EM CORREDORES - REVISÃO DA LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Bacharelado em Educação Física, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Zapaterra Campos.

RECIFE
2025

FICHA ELETRÔNICA

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Pedro Henrique Gonçalves da .
Efeitos do treinamento concorrente na economia de corrida e VO2max em corredores - Revisão da literatura / Pedro Henrique Gonçalves da Silva. - Recife, 2025.
26p, tab.

Orientador(a): Eduardo Zapaterra Campos
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Educação Física - Bacharelado, 2025.
Inclui referências.

1. Treinamento concorrente. 2. Corrida. 3. Economia. 4. VO2max. I. Campos, Eduardo Zapaterra. (Orientação). II. Título.

610 CDD (22.ed.)

FOLHA DE APROVAÇÃO

PEDRO HENRIQUE GONÇALVES DA SILVA

EFEITOS DO TREINAMENTO CONCORRENTE NA ECONOMIA DE CORRIDA E VO2MAX EM CORREDORES - REVISÃO DA LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Bacharelado em Educação Física, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Aprovada em: 04/08/2025.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
EDUARDO ZAPATERRA CAMPOS
Data: 22/08/2025 08:01:01-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profº Drº Eduardo Zapaterra Campos
Universidade Federal de Pernambuco

gov.br Documento assinado digitalmente
WILLEMAX DOS SANTOS GOMES
Data: 21/08/2025 11:00:57-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profº Meº Willemax dos Santos Gomes
Universidade Federal de Pernambuco

gov.br Documento assinado digitalmente
FREDERICO CAMAROTTI JUNIOR
Data: 21/08/2025 20:02:32-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profº Frederico Camarotti Júnior
Universidade Federal de Pernambuco

Resumo

O treinamento concorrente tem se destacado como uma abordagem eficaz para melhorar o desempenho dos corredores, aumentando tanto economia de corrida (EC) quanto consumo máximo de oxigênio (VO2max) Investigar seus efeitos é fundamental para direcionar prescrições eficazes, equilibrando o aumento da força e resistência.O objetivo deste estudo foi revisar significativamente a literatura sobre os efeitos do treinamento concorrente (combinação de força e resistência) na EC e no VO2max de corredores recreativos e de elite, e consequentemente no desempenho. A metodologia incluiu buscas nas bases PubMed e SciELO, selecionando estudos de 2000 a 2025 que envolvessem programas de treino concorrente com pelo menos 4 semanas, analisando EC e VO2max em corredores adultos, foram excluídos da análise estudos de intervenções que não incluíam grupo controle, foram encontrados 85 estudos, porém apenas quatro foram incluídos. Os resultados indicaram que o treinamento concorrente melhora significativamente a economia de corrida (2,4% a 8,7%) e, em menor grau, o VO2max (2,2% a 6,5%), com destaque para protocolos que utilizam exercícios específicos, como pliometria e movimentos multiarticulares. pesquisas indicaram que a periodização e a especificidade do treino afetam os ganhos, ao passo que outras notaram efeitos mais modestos, provavelmente por darem menos destaque a exercícios específicos. Conclui-se que o treinamento concorrente é vantajoso para corredores, principalmente na melhoria da eficiência mecânica. No entanto, sua eficácia depende da adequação do volume, da intensidade e da escolha dos exercícios, o que destaca a importância da personalização para maximizar resultados sem prejudicar as adaptações aeróbicas.

Palavras-chave: Treinamento concorrente, corrida, economia, VO2max.

Abstract

Concurrent training has emerged as an effective approach to improving runners' performance by increasing both running economy (RE) and maximal oxygen uptake (VO2max). Investigating its effects is essential to direct effective prescriptions, balancing increases in strength and endurance. The objective of this study was to significantly review the literature on the effects of concurrent training (a combination of strength and endurance) on the RE and VO2max of recreational and elite runners, and consequently on performance. The methodology included searches in the PubMed and SciELO databases, selecting studies from 2000 to 2025 that involved concurrent training programs of at least 4 weeks, analyzing RE and VO2max in adult runners. Intervention studies that did not include a control group were excluded from the analysis. 85 studies were found, but only four were included. The results indicated that concurrent training significantly improves running economy (2.4% to 8.7%) and, to a lesser extent, VO2max (2.2% to 6.5%), with a particular emphasis on protocols that utilize specific exercises, such as plyometrics and multi-joint movements. Some studies have indicated that periodization and training specificity affect gains, while others have noted more modest effects, likely due to less emphasis on specific exercises. The conclusion is that concurrent training is advantageous for runners, particularly in improving mechanical efficiency. However, its effectiveness depends on the appropriate volume, intensity, and exercise selection, which highlights the importance of personalization to maximize results without compromising aerobic adaptations.

Keywords: Concurrent training, running, economy, VO2max.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO……..08
2.OBJETIVOS……...11
3.METODOLOGIA……....12
4.RESULTADOS……...14
5.DISCUSSÃO……..20
6.CONCLUSÃO……23
REFERÊNCIAS……24

1. INTRODUÇÃO

A corrida de rua se tornou um dos esportes mais populares entre os praticantes, motivada pelo desejo de manter a saúde, enfrentar desafios pessoais e promover a socialização. Contudo, muitos corredores recreativos encontram dificuldades para melhorar seu desempenho, especialmente em relação à economia de corrida (EC) – que mede o custo de energia para executar certa velocidade – e ao VO2max o, que indica a maior quantidade de oxigênio que pode ser consumida durante a atividade física (Barnes & Kilding, 2015).

Uma das formas documentadas na literatura de aumento da EC é o treinamento de força (Blagrove *et al*., 2018). Ao contrário do esperado, treinamentos de força com altas cargas são mais efetivos para melhora da EC em corredores, quando comparado à treinamentos com alto volume e baixa carga (Støren *et al*., 2008). A partir de uma perspectiva fisiológica, o treinamento de força pode afetar a EC através de diversos mecanismos.

Por exemplo, o treino de força aprimora a rigidez dos tendões e a atividade neuromuscular, diminuindo o gasto energético em cada passo (Yamamoto *et al*., 2008). Ademais, o aumento da força muscular pode atrasar a exaustão em corridas longas, possibilitando ao atleta manter uma técnica mais eficaz por um período mais prolongado (Støren *et al*., 2008).

Porém as variáveis mais importantes para o desempenho de corrida de média e longa duração são dependentes do aprimoramento do metabolismo oxidativo (Joyner; Coyle, 2008). Dentre as variáveis que expressam a aptidão oxidativa (ou aeróbia) estão o VO2max e os limiares de lactato (Levine, 2008). Para melhoria dessas variáveis são comumente utilizados altos volumes de treinamentos continuos e intervalados (Seiler; Tønnessen, 2009).

Em conjunto, esses treinamentos induzem mudanças centrais, como o aumento do fluxo cardíaco e a capilarização muscular, o treinamento de força pode levar a aprimoramentos periféricos, como maior densidade mitocondrial e eficiência na oxidação (Mikkola *et al*., 2007). Dessa forma, é importante que corredores executem treinamentos de força (TF) e corrida (TR) durante a semana de treinamentos, porém por falta de períodos de treinos, alguns optam por realizar o TF e TR na mesma sessão de treinamento.

A realização de uma sessão de TF e TR em conjunto é considerado como treinamento concorrente (TC) tendo em vista as possíveis interferências das adaptações no metabolismo oxidativo sobre as melhoras na força muscular (Fyfe *et al.,* 2014). O estudo clássico de Hickson (1980) evidenciou que a partir da oitava semana de treinamento concorrente, a força dos sujeitos passavam a não aumentar de maneira significativa quando o treinamento era concorrente (comparado ao treino de força isolada). Nos últimos anos aumentou o número de estudos buscando entender as possíveis interferências do TC sobre as diferentes adaptações em corredores (Canli., Aldhahi, 2024; Khalafi, M. et al., 2022; Wilson *et al.*, 2012).

Compreender o impacto do treinamento concorrente (que une o treino de força e a corrida na mesma sessão) no desempenho dos corredores pode ser fundamental para treinadores e atletas que desejam maximizar seus resultados. Canli e Aldhahi (2024) destacam que, apesar de a ordem poder influenciar as respostas agudas, os benefícios gerais do treino concorrente, como a melhoria da composição corporal e da aptidão cardiorrespiratória, são obtidos independentemente da sequência. Contudo, para atletas ou pessoas com objetivos específicos, a organização da ordem pode ser estratégica. Por exemplo, focar no treinamento de força em dias de ganho de massa muscular ou no endurance durante a preparação para competições de resistência.

O estudo de Joyner (1991) mostra que a corrida, sendo um esporte que requer tanto a eficiência energética (economia de corrida) quanto a capacidade aeróbica (VO2max e limiares de lactato), necessita de adaptações nos sistemas muscular e cardiovascular, as quais nem sempre se desenvolvem em sincronia quando ambas as modalidades de treinamento são realizadas simultaneamente. Para treinadores e atletas, isso indica que a periodização – ou seja, a forma como os treinos são estruturados ao longo da semana ou da temporada – é fundamental.

Caso o objetivo principal seja aumentar a força, pode ser vantajoso dispersar os treinos de força e corrida em dias diferentes ou em horários distintos (Wilson *et al.*, 2012). Por outro lado, se a prioridade é a performance aeróbica, pode ser mais eficaz dar ênfase aos treinos de corrida e adaptar o volume e a intensidade do treino de força, assegurando que um não interfira no outro (Vikmoen *et al.*, 2016).

No final, não há uma resposta única, mas compreender essa dinâmica auxilia na tomada de decisões mais informadas. Um corredor amador que dispõe de apenas três ou quatro dias na semana para se dedicar ao treinamento pode precisar

realizar sessões simultâneas, ciente de que os resultados em força podem ser reduzidos. Por outro lado, um atleta de elite, que possui mais tempo para treinar, pode estruturar suas sessões para reduzir as interferências. Assim, é essencial destacar a importância do TC na EC e no VO2max.

2. OBJETIVO

Objetivo Geral

Realizar uma revisão da literatura sobre os investigar os impactos do treinamento concorrente (integração de força e resistência) na economia de corrida e no VO2max de corredores.

3. METODOLOGIA

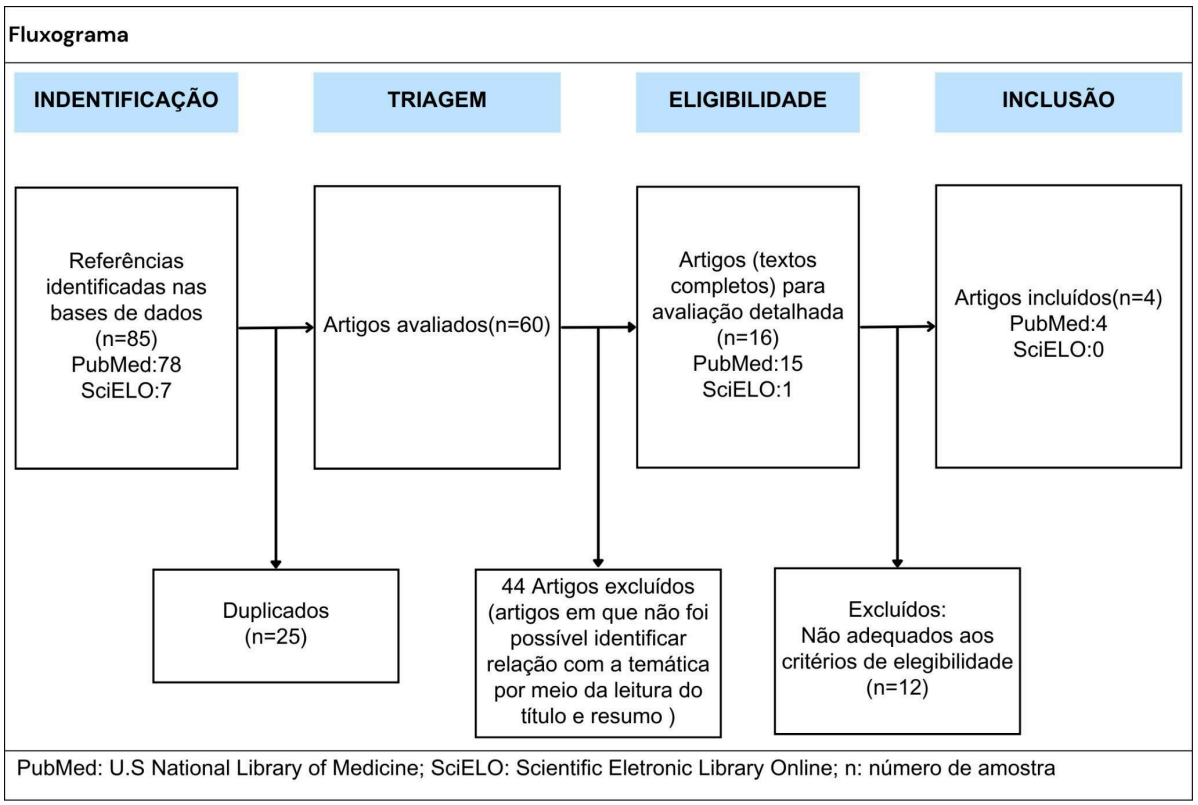
Foi realizada uma revisão da literatura acerca dos impactos do treinamento concorrente na economia de corrida e no VO2max de corredores, utilizando uma estratégia sistematizada dividida em três fases principais: busca, seleção e avaliação crítica das evidências científicas disponíveis. O intuito foi compilar estudos que abordassem o TC de forma estruturada e com rigor metodológico, assegurando que as conclusões fossem fundamentadas em pesquisas de alta qualidade.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa detalhada em bancos de dados acadêmicos PubMed e Scielo, utilizando diferentes combinações de descritores como "concurrent training and running", "concurrent training and running and economy", "concurrent training and running and VO2max". Os critérios de elegibilidade utilizados foram: pesquisas realizadas nos últimos 25 anos (2000-2025) para assegurar a relevância das informações. Além disso, foi incluído artigos clássicos que são considerados fundamentais na área.

Subsequentemente, foi utilizado critérios de inclusão para identificar os estudos mais significativos. Público-alvo: Corredores adultos, amadores; Intervenção: Programa de treino concorrente (força e resistência) com um período mínimo de 4 semanas; Resultados: Estratégias para economia em corridas (EC) e/ou capacidade máxima de oxigênio (VO2max); Modelo do estudo: Ensaios clínicos randomizados. Critérios de exclusão: estudos de intervenção que não possuíam grupo controle ou que não apresentassem métodos de avaliação para a EC e ou VO2max; estudos com corredores profissionais, crianças ou idosos.

Depois da escolha, os textos foram submetidos a uma análise crítica levando em consideração. Mecanismos fisiológicos: teorias sugeridas para entender os impactos do treinamento combinado. Fatores intervenientes: informações a respeito de volume, intensidade, frequência e periodização para reconhecer tendências de eficácia. Os resultados foram apresentados em tabelas elencando os dados apurados nos estudos, e analisados à luz da literatura vigente, ressaltando as convergências, divergências e lacunas existentes. A etapa de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão (Fluxograma), revela a metodologia utilizada para a busca de artigos científicos. Essa busca foi realizada nas bases de dados acadêmicas PubMed e SciELO.

Foi utilizado os descritores e o operador booleano para dar início a pesquisa, resultando na identificação de 85 estudos. Desses, 25 foram descartados por duplicidade. A triagem avaliou 60 artigos quanto à sua relevância para o tema, com base na leitura de títulos e resumos, levando à exclusão de 44 deles. Na fase de elegibilidade, 16 artigos foram analisados em texto completo para uma avaliação mais aprofundada, e, conforme os critérios estabelecidos, 12 foram excluídos. Assim, no processo final de inclusão, restaram 4 artigos, todos oriundos da base de dados PubMed.



4. RESULTADOS

Os estudos analisados, conforme mostrado na Tabela 1, destacam as características principais das pesquisas selecionadas, englobando elementos como a descrição da amostra, a faixa etária, o tipo e a duração do treinamento, a descrição dos tratamentos e dos grupos de controle, bem como os resultados alcançados.

No que diz respeito à amostra, as pesquisas definem critérios para inclusão e exclusão, levando em conta fatores como idade, gênero, grau de atividade física e condições de saúde prévias (como sedentarismo ou doenças crônicas). O tamanho da amostra é apresentado, incluindo a quantidade de indivíduos em cada grupo (tanto o de tratamento quanto o de controle), além das perdas que ocorreram durante o estudo (taxa de abandono). Ademais, algumas investigações buscam garantir a homogeneidade da amostra, ajustando variáveis como sexo e idade para minimizar possíveis viéses. No que se refere à faixa etária, os estudos oferecem médias e desvios-padrão, assim como categorias etárias definidas (como, por exemplo, jovens adultos entre 18 e 30 anos).

Em relação ao tipo de treinamento e seu tempo de prática, as pesquisas explicam as diferentes modalidades utilizadas, como atividades aeróbicas (como corrida e ciclismo), treinos de força (musculação), treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) e TC. A intensidade do treino é determinada com base em critérios como a porcentagem da frequência cardíaca máxima e o VO2max. A frequência das sessões semanais (por exemplo, três vezes por semana) e a evolução da carga ao longo do tempo também são abordadas. A duração total da intervenção é detalhada, incluindo o tempo de cada sessão (por exemplo, entre 30 a 60 minutos) e o período total do estudo (como 12 semanas).

Sobre a descrição do tratamento e dos grupos de controle, especificando o protocolo adotado pelo grupo que recebeu a intervenção. Isso inclui os tipos de exercícios realizados, os equipamentos empregados e o grau de supervisão, que pode ser presencial ou à distância, com profissionais como professores de educação física ou fisioterapeutas. A adesão ao tratamento é frequentemente documentada, apresentando a porcentagem de participantes que efetivamente compareceram às sessões. Por outro lado, o grupo de controle pode ser formado por pessoas que permanecem sedentárias, ou que passam por intervenções de placebo, como

exercícios de alongamento leves. Em certas situações, eles recebem orientações para não modificarem sua rotina de atividades físicas durante o curso do estudo.

Os resultados são apresentados com foco nas variáveis principais EC e VO2max, além das variáveis biomecânicas que refletem na EC. Os principais achados evidenciam a eficácia da intervenção, realizando comparações entre os grupos e destacando diferenças significativas, apresentadas por meio de valores de *p* e intervalos de confiança. Também são abordadas as limitações, como o tamanho reduzido da amostra, assim como a possibilidade de generalizar os resultados para outras populações.

Tabela 1. Artigos revisados.

Autores	Descrição da amostra	idade	tipo de treino e duração	descrição do tratamento e grupos de controle	resultados
Ferrauti et al. (2010)	24 corredores recreativos (homens). Corredores treinavam 30–50 km/semana antes do estudo.	TC: 41.3 ± 6.1 anos. GC: 40.8 ± 5.9 anos.	~35–45 km/semana (ambos grupos). TF a (70–85%) de 1RM) 3x/semana (não consecutivas) para o TC. 12 semanas de intervenção.	TC (n =12) Treino de força + corrida; GC (n=12) Apenas treino de corrida.	TC: ~6.2% EC, VO2max NS; TE: EC, NS. VO2max, NS.
Gómez-Molina et al. (2018)	25 corredores recreacionais (homens e mulheres). (corredores iniciantes, com pelo menos 6 meses de prática, mas sem treinamento estruturado prévio.)	TC: 30.8 ± 5.2 anos. GC: 31.4 ± 6.1 anos.	3 sessões/semana de corrida de 25 minutos (primeira semana) para 45 minutos (última semana)(70–80% da FC) + sessões de pliometria sem utilização de incremento. 8 semanas de intervenção.	TC (n=14) Pliometria + corrida; GC (n=11) Apenas corrida.	GTC: ~3.5% na EC, VO2max NS; GC: NS, EC e VO2max.
Prieto-González et al. (2022)	30 corredores recreativos (homens e mulheres), mínimo de 1 ano em treinamento de corrida, Volume semanal de 20-50 km.	35 ± 5 anos.	3 sessões/semana. Exercícios de força com foco em gesto esportivo. 3–4 séries a (70–85% 1RM). Corridas contínuas (70–80% FCmáx) e intervalados (HIIT 1:1 a 90–95% FCmáx). 8 semanas de intervenção.	TF (n=10) específico para corrida; TE (n=10) Apenas corrida; TC (n=10) Ambos. Variáveis controladas: Volume de treino, dieta e recuperação foram monitorados.	TC: (EC ~5,4%*), (VO2max ~3,9%*); TE: (EC ~2,1%), (VO2max ~6,5%**) TF: (EC ~8,7%**), (VO2max ~1,8%.)
Trowell et al. (2022)	30 corredores recreacionais (18 homens e 12 mulheres). mínima em corrida (≥ 30 km/semana) pelo menos um ano antes do estudo, não ter experiência com treino de força.	TC: 33.1 ± 7.5 anos. GC: 34.2 ± 8.2 anos.	3 sessões/semana. Treino de força: Cargas progressivas (70–85% de 1RM). Treino de corrida: Incluía endurance (70–75% VO_2 máx.) e intervalados (90–95% VO_2 máx.). 8 semanas de intervenção.	TC (n=15) Força + corrida; GC (n=15) Apenas corrida.	TC: ~2,4%. na EC, VO2max ~2,2%.; GC: ~2% EC e ~2,1% VO2max.

GC: Grupo controle; TC: Treino concorrente; TE: Treino de corrida; TF: Treino de força; **p < 0,01 (melhora significativa); *p < 0,05 (melhora moderada); NS: não significativo.

A pesquisa conduzida por Ferrauti *et al.* (2010) avaliou os impactos de um regime de treinamento que combinava força e resistência em corredores amadores de maratona, focando em variáveis ligadas ao desempenho e à eficiência na corrida. A pesquisa envolveu 24 homens, organizados em dois grupos semelhantes em idade: o grupo testado, com média de 41,3 ± 6,1 anos, e o grupo de controle, com média de 40,8 ± 5,9 anos. Todos os participantes tinham completado pelo menos uma maratona nos dois anos anteriores, com tempos variando entre 3h30 e 4h30, e realizavam um volume semanal de treino entre 30 e 50 km antes do início do programa.

O programa de capacitação teve uma duração de 12 semanas. No grupo TC, foram realizadas três sessões semanais de treinamento de força com o treinamento de corrida, enquanto o GC continuou apenas com o treinamento de resistência. O protocolo de força abrangeu exercícios compostos, tais como agachamento, leg press, extensão de pernas e flexão plantar, utilizando cargas entre 70% e 85% da carga máxima para uma repetição (1RM), organizadas em 3 a 4 séries de 8 a 12 repetições, com ajustes progressivos conforme a adaptação dos participantes. O volume de corrida permaneceu constante em ambas as equipes, com variações entre 35 e 45 km por semana, incluindo sessões de treinos contínuos, intervalados e longos.

Os achados indicaram que o grupo que passou pelo experimento obteve uma melhora expressiva ($p < 0,05$) na eficiência da corrida, apresentando uma diminuição de 6,2% no consumo de oxigênio em uma velocidade submáxima de 10 km/h, enquanto o grupo de controle não mostrou variações significativas. Além do mais, o tempo registrado em uma corrida de 10 km reduziu de forma notável (3,1%) para o grupo TC, sem qualquer alteração no grupo controle.

A pesquisa de Gómez-Molina *et al.* (2018) examinou os impactos do treinamento concorrente, pliométrico e corrida em corredores recreacionais, avaliando variáveis espaço-temporais e fisiológicas. A amostra incluiu 28 pessoas de ambos os sexos, divididas em um grupo TC com idade média de 30,8 ± 5,2 anos e um GC com idade média de 31,4 ± 6,1 anos. Todos os participantes eram corredores novatos com um mínimo de seis meses de prática, contudo sem registro de treinamento organizado ou pliométrico nos seis meses anteriores. Lesões musculoesqueléticas recentes e uso de suplementos ergogênicos foram considerados critérios de exclusão.

O protocolo de intervenção durou oito semanas, com o grupo executando três sessões de corrida por semana (30 a 45 minutos, intensidade moderada) e treinamento pliométrico, que inclui atividades como saltos verticais, horizontais e quedas controladas. O número de saltos aumentou gradualmente, começando com 80 repetições por sessão e chegando a 120 ao final do período. O GC preservou somente as sessões de corrida, mantendo volume e intensidade equivalentes, sem incluir exercícios pliométricos.

Os resultados mostraram melhorias notáveis no grupo TC em termos biomecânicos, com um aumento de 4,3% no comprimento da passada, uma redução de 5,1% no tempo de contato com o solo e um crescimento de 6,7% na fase aérea. Ademais, notou-se uma melhora de 3,5% na economia de corrida. Não foram observadas mudanças relevantes no VO2max entre os grupos, indicando que os ganhos estiveram principalmente ligados à eficiência mecânica.

A pesquisa realizada por Prieto-Gonzalez e Sedlacek (2022) analisou os impactos de diversas modalidades de treinamento no rendimento e nas medidas antropométricas de corredores recreativos, empregando um desenho experimental randomizado e controlado. A amostra incluiu 30 pessoas de ambos os sexos, com idade média de 35 ± 5 anos, divididas de forma equilibrada em três grupos de intervenção: TF, TE e TC. Os critérios de inclusão estabeleciam um ano de experiência em corrida, volume semanal de 20 a 50 km e ausência de lesões graves nos seis meses anteriores.

O protocolo experimental durou oito semanas, com todos os grupos participando de três sessões por semana. O grupo TF executou exercícios de força voltados para a corrida, como agachamentos, saltos e afundos, com intensidade variando entre 70% e 85% de 1RM e volume de 3 a 4 séries de 8 a 12 repetições. O grupo TE se concentrou em corridas contínuas (70-80% da FCmáx) e treinos intervalados de alta intensidade (HIIT 1:1 a 90-95% da FCmáx). O grupo TC mesclou as duas modalidades em sessões alternadas, realizando dois dias de TF e um dia de TE por semana, ou o contrário.

Os resultados mostraram melhorias notáveis e distintas entre os grupos. O grupo TE exibiu a maior melhoria no VO2max. (+6,5%, $p < 0,01$) e no desempenho em 5 km (-5,1%, $p < 0,01$). Por outro lado, o grupo TF se destacou na economia de corrida (+8,7%, $p < 0,01$). O grupo TC apresentou avanços intermediários, com melhorias moderadas no VO2max. (+3,9%, $p < 0,05$), economia de corrida (+5,4%, p

< 0,05) e desempenho em 5 km (-4,0%, p < 0,05), sem ultrapassar os grupos especializados.

A pesquisa de Trowell *et al.* (2022) recrutou uma amostra de 30 corredores (18 homens e 12 mulheres) recreacionais saudáveis de ambos os sexos, com idade média de 33.6 ± 7.8 anos. Os critérios de inclusão estipulavam que os participantes deveriam correr pelo menos 30 km por semana, não apresentar lesões musculoesqueléticas nos seis meses anteriores e não ter realizado treinamento de força regular nos três meses anteriores. Indivíduos que usavam suplementos ergogênicos ou que tinham condições de saúde que poderiam afetar o desempenho físico foram excluídos.

A intervenção durou um total de oito semanas, com os participantes distribuídos aleatoriamente em dois grupos: um grupo TC que fez treinamento concorrente (combinação de força e resistência) e um GC que fez somente treinamento de corrida. O grupo TC realizou três sessões de corrida por semana, com treinos contínuos de intensidade moderada (70-75% do VO2max.) e treinos intervalados de alta intensidade (90-95% do VO2max.), além de duas sessões de treinamento de força por semana. O treino de força incluiu exercícios multiarticulares, como agachamento, stiff-leg deadlift, leg press e plantar flexão, utilizando cargas progressivas variando entre 70% e 85% de 1RM, com 3 a 4 séries de 6 a 12 repetições por exercício. O GC seguiu apenas o protocolo de corrida, com volume e intensidade iguais ao grupo TC, mas sem incluir nenhum elemento do treinamento de força.

Os resultados mostraram que o grupo TC teve pouca melhoria em relação ao GC. No grupo TC, a economia de corrida aumentou 2,4%, enquanto no grupo controle o aumento foi de apenas 2% (p < 0,05). No grupo TC, notou-se uma melhora de 2,2% no VO2max, muito próximo do aumento no GC 2,1% (p < 0,01).

5. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi revisar os efeitos do treinamento concorrente na economia de corrida e VO2max em corredores. A análise conjunta dos quatro estudos incluídos sobre o treinamento concorrente revela que a inclusão do treino de força — por meio de exercícios resistidos convencionais, pliometria ou métodos específicos para corrida — gera efeitos significativos e clinicamente relevantes no desempenho de corredores amadores. As pesquisas analisaram diferentes grupos, desde maratonistas veteranos (Ferrauti et al., 2010) com mais de 40 anos e experiência em provas longas, até corredores recreacionais mais jovens (Gómez-Molina et al., 2018; Trowell et al., 2022) com treinos semanais moderados (30-50 km/semana). Essa variação na amostra é especialmente relevante, pois evidencia que os benefícios do treino concorrente são aplicáveis a diversos perfis de corredores, desde os mais experientes até os que têm apenas seis meses de prática regular (Wilson et al., 2012).

Apesar de variarem em duração (8 a 12 semanas) e especificidade, os protocolos de treinamento apresentaram elementos comuns que parecem ser essenciais para os resultados positivos. Todos os estudos incorporaram exercícios multiarticulares, como agachamentos, leg press e movimentos pliométricos, executados em intensidades variando de 70% a 85% de 1RM ou com aumento progressivo do volume (no caso dos saltos) (Llanos-Lagos et al., 2024).

O fato de que melhorias significativas foram observadas em apenas 8 semanas (Gómez-Molina et al., 2018; Prieto-Gonzalez e Sedlacek, 2022) indica que até mesmo intervenções de curta duração podem promover adaptações neuromusculares e técnicas benéficas. A estratégia de periodização no estudo de Ferrauti et al. (2010) foi particularmente notável, pois o ajuste gradual das cargas ao longo de 12 semanas parece ter maximizado os benefícios na economia de corrida.

A economia de corrida surgiu como o benefício mais consistente, com ganhos variando de 2,4% (Trowell et al., 2022) a notáveis 8,7% (Prieto-Gonzalez e Sedlacek, 2022). Esse último valor, obtido pelo grupo que fez um treino de força específico para corrida, é clinicamente significativo na prática, significa uma redução considerável no consumo de energia em um determinado ritmo. O mecanismo provavelmente abrange não apenas fatores neuromusculares, como maior

recrutamento de unidades motoras e aprimoramento na coordenação intermuscular, mas também mudanças na mecânica da corrida (Trowell et al., 2020).

Esse fato é evidenciado pelo aumento de 4,3% no comprimento da passada no estudo de Gómez-Molina et al. (2018). O desempenho em provas mostrou melhorias consistentes, embora com variações na magnitude. A diminuição de 3,1% no tempo de 10 km (Ferrauti et al., 2010) e de 5,1% no tempo de 5 km (Prieto-Gonzalez e Sedlacek, 2022) é especialmente significativa, levando em conta que esses resultados foram obtidos mantendo ou até diminuindo o volume total de corrida. Isso questiona a ideia convencional de que mais quilómetros sempre resultam em melhor desempenho, indicando que a qualidade do treino — que inclui elementos de força — pode ser mais relevante do que a quantidade (Seiler, 2010).

As variáveis biomecânicas apresentaram respostas notáveis, particularmente nos protocolos que incorporaram a pliometria. A redução de 5,1% no tempo de contato com o solo (Gómez-Molina et al., 2018), aliada ao aumento de 6,7% na fase aérea, sugere uma alteração considerável no padrão de corrida, possivelmente devido ao aprimoramento na capacidade de gerar força rápida. Essas adaptações podem ser especialmente protetoras contra lesões, pois um tempo de contato reduzido está relacionado a forças de impacto menores (Van Hooren et al., 2024)

Em contraste com esses resultados positivos, a pesquisa de Trowell et al. (2022) mostrou resultados mais modestos, com melhorias mínimas na economia de corrida (2,4% contra 2% no controle) e no VO2max. (2,2% contra 2,1%). Essa divergência pode ser atribuída a variações metodológicas: enquanto outros estudos utilizaram exercícios mais específicos para corrida, Trowell et al. adotaram um protocolo de força mais abrangente. Ademais, a incorporação de treinos HIIT em ambos os grupos pode ter ocultado os efeitos específicos do treino de força.

Os resultados desta pesquisa têm implicações práticas significativas para atletas e treinadores, mostrando que a incorporação do treinamento de força no planejamento esportivo pode aprimorar a eficiência na corrida e o resultado em competições, mesmo em períodos de intervenção relativamente curtos (8 a 12 semanas). A combinação de exercícios multiarticulares, pliometria e táticas específicas para a corrida parece ser especialmente eficaz, trazendo benefícios para diferentes perfis de corredores, desde os amadores até os maratonistas mais experientes. Esses achados destacam a relevância da periodização e da especificidade no treinamento, sugerindo que estratégias como o aumento

progressivo das cargas e o foco em movimentos explosivos podem maximizar os ganhos biomecânicos e neuromusculares. Ademais, a melhoria na eficiência da corrida, aliada à diminuição do tempo de contato com o solo e ao aumento do comprimento da passada, pode não apenas melhorar o desempenho atlético, mas também diminuir o risco de lesões.

Para pesquisas futuras, é aconselhável explorar os efeitos de variados tipos de periodização (como linear e ondulatória) e a interação entre treinamento de força e outras modalidades, incluindo o HIIT, com o objetivo de elucidar as diferenças observadas nas diversas investigações. Além disso, seria interessante examinar os efeitos a longo prazo do treinamento combinado, assim como sua relação com variáveis como resistência à fadiga e prevenção de lesões em diferentes distâncias de corrida. Por último, investigações que analisem os mecanismos fisiológicos e biomecânicos que sustentam as adaptações podem oferecer diretrizes ainda mais personalizadas para corredores de diferentes níveis de experiência.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o treinamento concorrente é eficiente para aprimorar a economia de corrida, possivelmente por causa de adaptações neuromusculares, como aumento da rigidez tendínea, aprimoramento da coordenação intermuscular e otimização da biomecânica. Contudo, seus efeitos no VO2max são menos previsíveis, frequentemente comparáveis ou inferiores aos do treinamento de endurance convencional.

Assim, incluir exercícios de força no programa de corredores parece ser mais benéfico para diminuir o custo energético da corrida do que para aumentar o VO2max. A decisão entre TC ou especializado deve levar em conta as metas específicas do atleta: se o objetivo é se destacar em provas longas, a economia de corrida (aperfeiçoada pelo TC) pode ser mais crucial do que pequenas alterações no VO2max.

REFERÊNCIAS

Barnes, K. R., & Kilding, A. E.. Strategies to improve running economy. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 45(1), 37–56. 2015. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0246-y

Blagrove, R.C., Howatson, G.. Hayes, P.R. Effects of Strength Training on the Physiological Determinants of Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. *Sports Med* 48, 1117–1149. 2018. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0835-7

CANLI, U., ALDHAHI, M. I. The physiological and physical benefits of two types of concurrent training: a randomized controlled trial. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, v. 16, n. 1, 2 jan. 2024.

Ferrauti, A., Bergermann, M., & Fernandez-Fernandez, J.. Effects of a concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. *Journal of strength and conditioning research*, *24*(10), 2770–2778. 2010. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d64e9c

Fyfe, J. J., Bishop, D. J., & Stepto, N. K.. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 44(6), 743–762. 2010. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0162-1

Gómez-Molina, J., Ogueta-Alday, A., Camara, J., Stickley, C., & García-López, J.. Effect of 8 weeks of concurrent plyometric and running training on spatiotemporal and physiological variables of novice runners. European journal of sport science, 18(2), 162–169. 2018. https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1404133

Hickson R. C.. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *45*(2-3), 255–263. 1980. https://doi.org/10.1007/BF00421333

Joyner M. J.. Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *70*(2), 683–687. 1991.https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.2.683

Joyner, M. J., & Coyle, E. F.. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of physiology*, *586*(1), 35–44. 2008. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834

KHALAFI, M. et al. Impact of concurrent training versus aerobic or resistance training on cardiorespiratory fitness and muscular strength in middle-aged to older adults: A systematic review and meta-analysis. Physiology & Behavior, v. 254, p. 113888, out. 2022.

Llanos-Lagos, C., Ramirez-Campillo, R., Moran, J., & Sáez de Villarreal, E.. Effect of Strength Training Programs in Middle- and Long-Distance Runners' Economy at

Different Running Speeds: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *54*(4), 895–932. 2024. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01978-y

Levine B. D.. .VO2max: what do we know, and what do we still need to know?. *The Journal of physiology*, *586*(1), 25–34. 2008. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.147629

Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T., & Häkkinen, K.. Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. International journal of sports medicine, 28(7), 602–611. 2007. https://doi.org/10.1055/s-2007-964849

Prieto-González, P., & Sedlacek, J.. Effects of Running-Specific Strength Training, Endurance Training, and Concurrent Training on Recreational Endurance Athletes' Performance and Selected Anthropometric Parameters. International journal of environmental research and public health, 19(17), 10773. 2022. https://doi.org/10.3390/ijerph191710773

Seiler S., Tønnessen, E.. Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233855836_Intervals_Thresholds_and_Long_Slow_Distance_the_Role_of_Intensity_and_Duration_in_Endurance_Training.

Seiler S.. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes?. *International journal of sports physiology and performance*, *5*(3), 276–291. 2010. https://doi.org/10.1123/ijspp.5.3.276

Støren, O., Helgerud, J., Støa, E. M., & Hoff, J.. Maximal strength training improves running economy in distance runners. Medicine and science in sports and exercise, 40(6), 1087–1092. 2008. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f

Trowell, D., Fox, A., Saunders, N., Vicenzino, B., & Bonacci, J.. Effect of concurrent strength and endurance training on run performance and biomechanics: A randomized controlled trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *32*(3), 543–558. 2022. https://doi.org/10.1111/sms.14092

Trowell, D., Vicenzino, B., Saunders, N., Fox, A., & Bonacci, J.. Effect of Strength Training on Biomechanical and Neuromuscular Variables in Distance Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *50*(1), 133–150. 2020. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01184-9

Van Hooren, B., Jukic, I., Cox, M., Frenken, K. G., Bautista, I., & Moore, I. S.. The Relationship Between Running Biomechanics and Running Economy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 54(5), 1269–1316. 2024. https://doi.org/10.1007/s40279-024-01997-3

Vikmoen, O., Raastad, T., Seynnes, O., Bergstrøm, K., Ellefsen, S., & Rønnestad, B. R.. Effects of Heavy Strength Training on Running Performance and Determinants of Running Performance in Female Endurance Athletes. *PloS one*, *11*(3), e0150799. 2016. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150799

Yamamoto, L. M., Lopez, R. M., Klau, J. F., Casa, D. J., Kraemer, W. J., & Maresh, C. M.. The effects of resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: a systematic review. Journal of strength and conditioning research, 22(6), 2036–2044. 2008. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318185f2f0

Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C.. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. Journal of strength and conditioning research, 26(8), 2293–2307. 2012. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d