

2026

Efeitos isolados e combinados do pilates e do treinamento aeróbico na aptidão física em adultos jovens: um ensaio clínico randomizado

Oliveira, Gabriela Cristina de

Universidade Estadual do Norte do Paraná

OLIVEIRA, Gabriela Cristina de. Efeitos isolados e combinados do pilates e do treinamento aeróbico na aptidão física em adultos jovens: um ensaio clínico randomizado. Orientador: Raphael Gonçalves de Oliveira. 2026. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) – Centro de Ciências da Saúde, Campus de Jacarezinho, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Jacarezinho, 2026.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/974>

Baixado de Repositório Institucional UENP

GABRIELA CRISTINA DE OLIVEIRA

**EFEITOS ISOLADOS E COMBINADOS DO
PILATES E DO TREINAMENTO AERÓBIO NA
APTIDÃO FÍSICA EM ADULTOS JOVENS: UM
ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**

MESTRADO EM
CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO
HUMANO



UENP
Universidade Estadual do Norte do Paraná



EFEITOS ISOLADOS E COMBINADOS DO PILATES E DO TREINAMENTO AERÓBIO NA APTIDÃO FÍSICA EM ADULTOS JOVENS: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Dr. Raphael Gonçalves de Oliveira

Ficha catalográfica elaborada por Lidia Orlandini Feriato Andrade, CRB 9/1556, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

O482e Oliveira, Gabriela Cristina de
 Efeitos isolados e combinados do Pilates e do
treinamento aeróbio na aptidão física em adultos
jovens: um ensaio clínico randomizado / Gabriela
Cristina de Oliveira; orientador Raphael Gonçalves de
Oliveira - Jacarezinho, 2026.
111 p. :il.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico CMH) -
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de
Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em
Ciências do Movimento Humano, 2026.

 1. Exercício - Pilates. 2. Adulto Jovem. 3.
Aptidão Cardiorrespiratória - Composição Corporal. 4.
Força Muscular. 5. Flexibilidade. I. Oliveira,
Raphael Gonçalves de, orient. II. Título.
CDD: 796.1

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família e às pessoas que amo, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo incentivo, apoio e ajuda ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe e à minha irmã, pelo incentivo e pela ajuda constante ao longo de todo esse período. Agradeço também à minha equipe de trabalho, pela compreensão e pela colaboração, que foram fundamentais para que eu pudesse conciliar as atividades profissionais com a realização deste mestrado.

Aos bolsistas e colaboradores envolvidos neste estudo, agradeço pela dedicação, comprometimento e valiosa contribuição na condução das coletas e demais etapas da pesquisa.

Ao meu orientador, Raphael Gonçalves de Oliveira, agradeço por toda a orientação, pelos ensinamentos compartilhados e pelos desafios propostos, que contribuíram significativamente para meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos membros da banca examinadora, agradeço pela disponibilidade, pelas contribuições e pelo aprendizado proporcionado durante a avaliação deste trabalho.

Por fim, agradeço à Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), por ter sido parte importante da minha trajetória acadêmica. Foi nesta instituição que realizei minha graduação, aprendi muito e construí experiências fundamentais para minha formação.

GABRIELA CRISTINA DE OLIVEIRA

**EFEITOS ISOLADOS E COMBINADOS DO PILATES E DO
TREINAMENTO AERÓBIO NA APTIDÃO FÍSICA EM
ADULTOS JOVENS: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Raphael Gonçalves de Oliveira
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Prof. Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Profª Drª Marília dos Santos Andrade
Universidade Federal de São Paulo

Jacarezinho, 13 de abril de 2026

RESUMO

Introdução: O exercício físico é amplamente recomendado como estratégia central para a melhoria da aptidão física, com repercussões diretas sobre a saúde metabólica e funcional. Entretanto, a magnitude e a especificidade das adaptações fisiológicas dependem do tipo de intervenção adotada. O treinamento aeróbio é tradicionalmente associado a ganhos na aptidão cardiorrespiratória e redução da massa gorda, enquanto abordagens neuromusculares têm sido relacionadas a melhorias na massa magra, força, potência e flexibilidade. Nesse contexto, os exercícios de Pilates tem emergido como uma modalidade que integra componentes de controle motor, força e flexibilidade, com potenciais benefícios tanto musculoesqueléticos quanto funcionais. Apesar disso, ainda são escassas as evidências provenientes de ensaios clínicos randomizados que comparem diretamente o Pilates ao exercício aeróbio, bem como que investiguem se a combinação entre essas modalidades pode potencializar adaptações em diferentes componentes da aptidão física. **Objetivo:** Comparar os efeitos de 12 semanas de Pilates, treinamento aeróbio e a combinação destas modalidades sobre a composição corporal e aptidão cardiorrespiratória (desfechos primários), bem como força muscular, potência e flexibilidade (desfechos secundários) em mulheres jovens previamente destreinadas. **Métodos:** Ensaio clínico randomizado e controlado, simples-cego, com 80 mulheres (18-40 anos), alocadas em quatro grupos (n=20): Pilates, aeróbio, combinado e controle. As intervenções ocorreram três vezes por semana, durante 12 semanas em sessões de 60 minutos. Foram avaliadas: composição corporal total e segmentada por DXA; $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ por teste incremental máximo com análise direta de gases; força muscular dos extensores e flexores de joelho, cotovelo e tronco por dinamômetro isocinético; altura, força e potência do salto vertical contramovimento em plataforma de força; e flexibilidade do tronco em flexão e extensão com um flexímetro. A percepção subjetiva de esforço da sessão e eventos adversos foram coletados ao longo das intervenções. **Resultados:** Os resultados demonstraram que todas as intervenções (Pilates, aeróbio e combinado) foram eficazes para promover melhorias significativas na aptidão cardiorrespiratória quando comparadas ao grupo controle, sem diferenças significativas entre os métodos, indicando eficácia semelhante para o aumento do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. Em relação à composição corporal, o grupo Pilates apresentou maior aumento de massa magra total em comparação ao grupo aeróbio, com destaque para aumentos mais pronunciados na massa magra de membros inferiores. O grupo combinado também apresentou ganhos superiores ao aeróbio nesse desfecho. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para a massa gorda. Na aptidão musculoesquelética, o treinamento com Pilates apresentou superioridade em comparação ao exercício aeróbio no pico de torque dos flexores do joelho, bem como efeitos superiores nos extensores do cotovelo e do tronco. Além disso, o Pilates promoveu melhorias mais expressivas no desempenho do salto vertical, incluindo maior altura e potência, além de ganhos superiores na flexibilidade do tronco. Esses achados foram acompanhados por tamanhos de efeito moderados a elevados. A combinação entre Pilates e exercício aeróbio não resultou em benefícios adicionais relevantes em comparação às modalidades isoladas, possivelmente em função da redução do volume específico de estímulo para cada capacidade física. A percepção subjetiva de esforço foi semelhante entre os grupos de intervenção. Eventos adversos graves ocorreram exclusivamente no grupo submetido ao exercício aeróbio, relacionados a lesões musculoesqueléticas. **Conclusão:** O treinamento com Pilates foi tão eficaz quanto o exercício aeróbio para melhorar a aptidão cardiorrespiratória e mais eficaz para aumentar a massa magra, sem efeitos diferenciados sobre a massa gorda. Além disso, promoveu maiores ganhos em força, potência e flexibilidade. A combinação entre modalidades não resultou em benefícios adicionais. Em conjunto, os achados indicam o Pilates como uma estratégia eficiente e segura para a promoção da aptidão física em mulheres jovens.

Palavras-chave: Adulto Jovem; Aptidão Cardiorrespiratória; Composição Corporal; Força Muscular; Potência Muscular; Flexibilidade; Pilates; Exercício Aeróbio.

ABSTRACT

Introduction: Physical exercise is widely recommended as a central strategy to improve physical fitness, with direct implications for metabolic and functional health. However, the magnitude and specificity of physiological adaptations depend on the type of intervention. Aerobic training is traditionally associated with improvements in cardiorespiratory fitness and reductions in fat mass, whereas neuromuscular approaches are linked to increases in lean mass, strength, power, and flexibility. In this context, Pilates has emerged as a modality that integrates motor control, strength, and flexibility, with potential benefits for both musculoskeletal and functional outcomes. Nevertheless, evidence from randomized controlled trials directly comparing Pilates with aerobic exercise remains limited, as does evidence on whether combining these modalities enhances adaptations across different components of physical fitness. **Objective:** To compare the effects of 12 weeks of Pilates, aerobic training, and their combination on body composition and cardiorespiratory fitness (primary outcomes), as well as muscle strength, power, and flexibility (secondary outcomes) in previously untrained young women. **Methods:** A single-blind randomized controlled trial was conducted with 80 women (18–40 years), allocated into four groups ($n = 20$ each): Pilates, aerobic, combined, and control. Interventions were performed three times per week for 12 weeks, with 60-minute sessions. Assessments included total and segmental body composition by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA); $\dot{V}O_2\text{max}$ measured by a maximal incremental test with direct gas analysis; muscle strength of knee, elbow, and trunk flexors and extensors assessed by isokinetic dynamometry; countermovement vertical jump performance (height, force, and power) measured on a force platform; and trunk flexibility (flexion and extension) assessed using a fleximeter. Session rating of perceived exertion and adverse events were monitored throughout the intervention. **Results:** All interventions (Pilates, aerobic, and combined) significantly improved cardiorespiratory fitness compared with the control group, with no differences between methods, indicating similar effectiveness for increasing $\dot{V}O_2\text{max}$. Regarding body composition, the Pilates group showed greater increases in total lean mass compared with the aerobic group, with more pronounced gains in lower-limb lean mass. The combined group also demonstrated greater increases than the aerobic group for this outcome. No significant between-group differences were observed for fat mass. For musculoskeletal fitness, Pilates was superior to aerobic training in knee flexor peak torque and also showed greater improvements in elbow and trunk extensor strength. In addition, Pilates led to greater improvements in vertical jump performance (height and power) and trunk flexibility. These effects were accompanied by moderate to large effect sizes. The combined intervention did not provide additional benefits compared with isolated modalities, possibly due to reduced modality-specific training volume. Perceived exertion was similar across intervention groups. Serious adverse events occurred exclusively in the aerobic group and were related to musculoskeletal injuries. **Conclusion:** Pilates training was as effective as aerobic exercise in improving cardiorespiratory fitness and more effective in increasing lean mass, with no differential effects on fat mass. Additionally, it promoted greater gains in strength, power, and flexibility. Combining modalities did not yield additional benefits. Overall, these findings support Pilates as an effective and safe strategy to improve physical fitness in young women.

Keywords: Young Adult; Cardiorespiratory Fitness; Body Composition; Muscle Strength; Muscular Power; Flexibility; Pilates; Aerobic Exercise.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS E HIPÓTESES	13
2.1 Objetivo primário	13
2.2 Objetivos secundários	13
2.3 Hipóteses	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 Aptidão Física Relacionada à Saúde	14
3.1.1 Aptidão Cardiorrespiratória	14
3.1.2 Composição Corporal	15
3.1.3 Aptidão Musculoesquelética	17
3.2 Recomendações de Exercícios para Adultos.....	18
3.3 Modalidades de Exercício Físico	20
3.3.1 Exercícios Resistidos	21
3.3.1.1 Método Pilates	22
3.3.2 Exercícios Aeróbios	25
3.3.2.1 Caminhada e Corrida	27
3.3.3 Exercícios Combinados	27
3.3.3.1 Pilates Associado à Caminhada e Corrida	29
4 REFERÊNCIAS	30
5 ARTIGO CIENTÍFICO 1	37
6 ARTIGO CIENTÍFICO 2	66
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
APÊNDICES	89
ANEXOS	107

INTRODUÇÃO

As doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), como as cardiovasculares, metabólicas e respiratórias, constituem uma preocupação significativa para os sistemas de saúde em nível global. Estimativas do *Global Burden of Disease* indicam que essas condições representam a principal causa de morbidade e mortalidade no mundo, sendo responsáveis por uma parcela substancial da carga global de doenças (1). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), as DCNTs respondem por aproximadamente 74% das mortes globais, evidenciando sua relevância como problema de saúde pública (2).

Diversos fatores de risco modificáveis estão associados ao desenvolvimento dessas condições, incluindo dieta inadequada, tabagismo, consumo excessivo de álcool e, especialmente, a inatividade física (3). Entre esses fatores, a inatividade física destaca-se por apresentar associação independente com o desenvolvimento de diferentes DCNTs, sendo considerada um dos principais determinantes do risco cardiometabólico na população (2, 4). Estima-se que entre 20% e 45% dos casos de algumas doenças crônicas estejam relacionados à baixa prática de atividade física (3). Nesse contexto, atender às recomendações mínimas de atividade física torna-se fundamental para reduzir o risco de desenvolvimento de doenças como doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, câncer de mama e cólon, além de transtornos mentais como depressão e demência (5-8).

Em relação às recomendações de prática de atividade física para adultos, diretrizes internacionais, como as do American College of Sports Medicine (ACSM) e da Organização Mundial da Saúde, orientam que indivíduos adultos realizem tanto exercícios aeróbios quanto exercícios de fortalecimento muscular de forma regular (2, 9). Para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética, recomenda-se a realização de exercícios resistidos entre duas e três sessões semanais, envolvendo os principais grupos musculares, com intensidades moderadas e séries de 8 a 12 repetições (9). Paralelamente, para o desenvolvimento da aptidão cardiorrespiratória, recomenda-se a prática semanal de 150 a 300 minutos de atividade aeróbia de intensidade moderada ou, alternativamente, 75 minutos de atividade aeróbia vigorosa (2, 9).

A prática regular de exercícios físicos contribui diretamente para a melhoria dos diferentes componentes da aptidão física relacionada à saúde, entre os quais se destacam a aptidão cardiorrespiratória, a composição corporal e a aptidão musculoesquelética, que engloba força, potência muscular e flexibilidade (10-12). Níveis adequados desses componentes estão

associados à redução do risco de DCNTs, além de favorecer a manutenção da funcionalidade e da capacidade de realizar atividades da vida diária (13).

Dentre as diferentes modalidades de exercício físico utilizadas para promover melhorias nesses componentes da aptidão física, destacam-se os exercícios aeróbios e os exercícios resistidos. Tradicionalmente, os exercícios aeróbios são recomendados principalmente para o desenvolvimento da aptidão cardiorrespiratória e para a redução do risco cardiometabólico, enquanto os exercícios resistidos são mais associados à melhoria da aptidão musculoesquelética, especialmente da força muscular (9, 10).

Entre as modalidades de exercício resistido que vêm ganhando popularidade nas últimas décadas, destaca-se o método Pilates. O Pilates é um método de exercícios que combina movimentos de fortalecimento muscular, controle postural, estabilidade do tronco e alongamentos ativos, sendo amplamente utilizado tanto em contextos de condicionamento físico quanto em programas de reabilitação (14). No Brasil, quando agrupado com práticas como ginástica, alongamento e yoga, esse tipo de exercício está entre as atividades físicas mais praticadas pela população, especialmente entre indivíduos mais velhos (15).

A literatura científica tem demonstrado benefícios associados à prática do Pilates. Estudos indicam que essa modalidade pode promover melhorias na força muscular, flexibilidade e controle neuromuscular em diferentes populações (16). Além disso, o Pilates tem sido utilizado como estratégia complementar no manejo de condições clínicas, como dor lombar crônica, diabetes mellitus tipo 2 e outras condições relacionadas à funcionalidade e à qualidade de vida (17-19).

Apesar desses benefícios, os efeitos do método Pilates sobre alguns componentes da aptidão física ainda permanecem inconclusivos. Estudos têm sugerido que o Pilates pode promover melhorias na aptidão cardiorrespiratória e na composição corporal em determinados grupos populacionais, como indivíduos com sobrepeso ou obesidade (20-22). Entretanto, os resultados desses estudos nem sempre apresentam comparações diretas com outras modalidades de exercício físico, o que limita a compreensão sobre sua eficácia relativa (20).

Evidências provenientes de revisões sistemáticas e metanálises também apontam resultados heterogêneos. Por exemplo, uma metanálise demonstrou que o Pilates pode promover melhorias na aptidão cardiorrespiratória quando comparado à ausência de intervenção; no entanto, análises de subgrupo indicaram que esses efeitos parecem ocorrer

principalmente em indivíduos idosos, não sendo consistentemente observados em adultos jovens (22). De forma semelhante, estudos que investigaram os efeitos do Pilates na composição corporal apresentaram resultados divergentes, com alguns indicando reduções no peso corporal e no percentual de gordura, enquanto outros não identificaram mudanças significativas na massa magra (21, 23).

Por outro lado, os exercícios aeróbios apresentam efeitos amplamente estabelecidos na literatura científica, especialmente no que se refere à melhoria da aptidão cardiorrespiratória e à redução do risco de doenças cardiovasculares (13, 24). Entre as modalidades aeróbias mais comuns destacam-se a caminhada e a corrida, atividades amplamente acessíveis e frequentemente utilizadas em programas de promoção da saúde (2). A prática regular dessas atividades está associada a melhorias na capacidade cardiorrespiratória, no condicionamento físico e na composição corporal (13, 24).

Entretanto, programas baseados exclusivamente em exercícios aeróbios tendem a apresentar efeitos limitados sobre componentes da aptidão musculoesquelética, o que reforça a importância da inclusão de exercícios de resistência muscular em programas de treinamento físico mais completos (9, 25). Nesse contexto, programas de treinamento multicomponentes, que combinam exercícios aeróbios e resistidos, têm sido frequentemente recomendados por diretrizes internacionais para promover melhorias abrangentes nos diferentes componentes da aptidão física (2, 9).

Apesar dessas recomendações, ainda são escassos os estudos que investigam de forma comparativa os efeitos do método Pilates, do treinamento aeróbio e da combinação dessas modalidades sobre diferentes componentes da aptidão física relacionada à saúde, especialmente em adultas jovens previamente inativas. Diante desse cenário, surge a seguinte questão de pesquisa: o método Pilates e o exercício aeróbio, quando realizados de forma isolada, são capazes de promover melhorias abrangentes nos principais componentes da aptidão física ou a combinação dessas modalidades resulta em adaptações superiores?

2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1 Objetivo primário

Verificar o impacto de um programa de exercícios de Pilates, treinamento aeróbio e a combinação destas modalidades sobre a aptidão cardiorrespiratória e a composição corporal em mulheres adultas jovens.

2.2 Objetivos secundários

Verificar o impacto dessas intervenções sobre a flexibilidade, força e potência muscular em mulheres adultas jovens.

2.3 Hipóteses

Espera-se que as diferentes modalidades de exercício apresentem efeitos distintos sobre os componentes da aptidão física avaliados. Espera-se que o Pilates promova maiores melhorias na flexibilidade, força muscular, potência muscular e massa muscular, enquanto a corrida apresente maior impacto na redução da massa gorda e na melhora da aptidão cardiorrespiratória.

Adicionalmente, espera-se que a combinação entre Pilates e corrida promova melhorias em todos os componentes da aptidão física avaliados, resultando em adaptações mais abrangentes quando comparadas às intervenções isoladas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Aptidão Física Relacionada à Saúde

A aptidão física relacionada à saúde refere-se a um conjunto de componentes fisiológicos associados à capacidade funcional do indivíduo e à redução do risco de doenças crônicas. Entre os principais componentes destacam-se a aptidão cardiorrespiratória, a composição corporal e a aptidão musculoesquelética, os quais estão diretamente relacionados ao desempenho nas atividades da vida diária e à promoção da saúde ao longo da vida (2, 10). Evidências científicas demonstram que níveis adequados de aptidão física estão associados à menor incidência de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, obesidade e mortalidade por todas as causas, sendo considerados importantes marcadores de saúde pública (10, 26, 27).

Além disso, a aptidão física tem sido amplamente utilizada como indicador da capacidade funcional e do estado geral de saúde em diferentes populações. Estudos epidemiológicos indicam que indivíduos com maiores níveis de aptidão física apresentam melhor perfil cardiometabólico, maior autonomia funcional e melhor qualidade de vida quando comparados a indivíduos fisicamente inativos (26, 28). Nesse contexto, a compreensão dos diferentes componentes da aptidão física relacionada à saúde torna-se fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de promoção da saúde e prevenção de doenças.

3.1.1 Aptidão Cardiorrespiratória

A aptidão cardiorrespiratória é definida como a capacidade dos sistemas cardiovascular, respiratório e muscular de captar, transportar e utilizar oxigênio durante o exercício físico, sendo frequentemente expressa pelo consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) (29, 30). Esse componente é considerado um dos principais indicadores da aptidão física relacionada à saúde e reflete a eficiência do organismo em fornecer oxigênio aos músculos ativos durante atividades físicas dinâmicas, estando diretamente associado à capacidade de sustentar exercícios aeróbios por períodos prolongados (30, 31). Níveis mais elevados de aptidão cardiorrespiratória estão relacionados a melhores desfechos de saúde, incluindo menor risco de doenças cardiovasculares, menor mortalidade por todas as causas e maior expectativa de vida (26, 29).

Do ponto de vista fisiológico, o funcionamento do sistema cardiorrespiratório envolve uma série de processos integrados. Inicialmente ocorre a ventilação pulmonar, responsável pela movimentação do ar entre a atmosfera e os alvéolos pulmonares. Em seguida ocorre a difusão

gasosa entre os alvéolos e os capilares pulmonares, permitindo a entrada de oxigênio no sangue e a eliminação do dióxido de carbono. Posteriormente, o sistema cardiovascular realiza o transporte desses gases através da circulação sanguínea até os tecidos periféricos, onde o oxigênio é utilizado pelas células para a produção de energia metabólica (32). A eficiência dessas etapas depende da interação entre ventilação pulmonar, débito cardíaco, capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue e utilização periférica pelos músculos esqueléticos (30, 31).

Evidências científicas indicam que níveis mais elevados de aptidão cardiorrespiratória estão fortemente associados à redução do risco de eventos cardiovasculares, diabetes tipo 2 e mortalidade prematura (26, 33). Estudos de coorte demonstram que indivíduos com maior aptidão cardiorrespiratória apresentam menor risco de mortalidade por todas as causas, independentemente da presença de outros fatores de risco cardiometabólicos (31, 34). Dessa forma, a aptidão cardiorrespiratória tem sido considerada um importante marcador clínico de saúde e prognóstico cardiovascular.

A avaliação da aptidão cardiorrespiratória pode ser realizada por meio de testes máximos ou submáximos de exercício. O método considerado padrão-ouro para essa avaliação é o teste cardiopulmonar de exercício com análise direta das trocas gasosas respiratórias, que permite a determinação precisa do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e fornece informações detalhadas sobre as respostas integradas dos sistemas cardiovascular, respiratório e metabólico durante o esforço físico (34). Esse tipo de avaliação tem sido amplamente utilizado tanto em contextos clínicos quanto em pesquisas científicas voltadas à avaliação da capacidade funcional e do desempenho físico (20, 35).

Diante da relevância da aptidão cardiorrespiratória para diversos desfechos de saúde, estratégias capazes de promover melhorias nesse componente tornam-se fundamentais. Nesse contexto, a prática regular de exercícios físicos, especialmente os exercícios aeróbios, destaca-se como uma das intervenções mais eficazes para aumentar a aptidão cardiorrespiratória e, conseqüentemente, reduzir o risco de doenças crônicas não transmissíveis (10, 36).

3.1.2 Composição Corporal

O corpo humano é composto principalmente por quatro componentes moleculares fundamentais: água, gordura, proteínas e minerais. Entre esses componentes, a gordura corporal tem despertado grande interesse tanto na população geral quanto entre profissionais da área da

saúde, principalmente devido à sua relação bem estabelecida com o risco de doenças crônicas e mortalidade (37, 38). Evidências científicas demonstram que o acúmulo excessivo de gordura corporal está associado ao aumento do risco de doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2 e mortalidade prematura (37, 39). Além disso, o tecido adiposo apresenta grande variabilidade entre indivíduos e pode sofrer alterações ao longo do tempo em resposta a fatores como alimentação, nível de atividade física e condições metabólicas (40).

A composição corporal pode ser descrita, de forma simplificada, pela divisão entre massa gorda e massa livre de gordura. A massa livre de gordura é composta principalmente por proteínas, água intracelular e extracelular e conteúdo mineral ósseo, enquanto a massa gorda corresponde ao tecido adiposo presente no organismo (40, 41). Entre os diferentes indicadores de composição corporal, a massa gorda e o percentual de gordura corporal têm sido amplamente utilizados como importantes marcadores de saúde, uma vez que apresentam forte associação com o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e metabólicas (39).

Nesse contexto, a avaliação da composição corporal assume papel importante tanto na área clínica quanto na prescrição de exercícios físicos. A identificação da quantidade e da distribuição da gordura corporal pode auxiliar na elaboração de estratégias de treinamento e intervenções voltadas à promoção da saúde, ao controle do peso corporal e à melhoria da aptidão física (41). Estudos têm investigado o impacto de diferentes modalidades de exercício físico sobre a composição corporal, buscando identificar estratégias eficazes para reduzir a massa gorda, aumentar a massa magra e melhorar os indicadores de saúde em diferentes populações (41, 42).

O peso corporal também está intimamente relacionado a diversos indicadores biomédicos associados à saúde e à qualidade de vida. O excesso de peso corporal, caracterizado pelo acúmulo excessivo de gordura no organismo, está associado ao desenvolvimento de diversas condições patológicas, incluindo diabetes mellitus tipo 2, doenças cardiovasculares e distúrbios musculoesqueléticos (37, 39). Essas condições representam importantes fatores de risco para o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis e mortalidade prematura (37, 38).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, o sobrepeso e a obesidade são definidos como o acúmulo anormal ou excessivo de gordura corporal que pode comprometer a saúde (41). Dessa forma, a prevenção e o tratamento do excesso de peso corporal têm sido considerados importantes estratégias de saúde pública em todo o mundo (37, 43). Nesse cenário,

o exercício físico tem sido amplamente reconhecido como uma das intervenções não farmacológicas mais eficazes para a melhoria da composição corporal e da saúde geral (2, 42). Além de contribuir para o controle do peso corporal, a prática regular de exercícios físicos está associada à melhora da aptidão física, à redução do risco de doenças crônicas e ao aumento da qualidade de vida e do bem-estar geral (2, 42).

3.1.3 Aptidão Musculoesquelética

A aptidão musculoesquelética refere-se à capacidade do sistema muscular e esquelético de produzir força, sustentar contrações musculares, gerar potência e permitir amplitudes adequadas de movimento durante a realização de atividades físicas e tarefas da vida diária (10, 11). Esse componente da aptidão física relacionada à saúde engloba diferentes capacidades neuromusculares, incluindo força muscular, resistência muscular e flexibilidade, sendo fundamental para a manutenção da funcionalidade e da independência ao longo da vida (2, 10).

A força muscular é definida como a capacidade de um músculo ou grupo muscular de gerar tensão ou força máxima durante uma contração voluntária (44, 45). Essa capacidade desempenha papel essencial na realização de diversas atividades cotidianas, como levantar objetos, subir escadas e manter a postura corporal (10). Além disso, evidências científicas indicam que níveis adequados de força muscular estão associados à redução do risco de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, incapacidade funcional e mortalidade prematura (46-48).

Outro componente importante da aptidão musculoesquelética é a potência muscular, definida como a capacidade de produzir força rapidamente, resultante da combinação entre força e velocidade de contração muscular (45, 49). A potência muscular é particularmente relevante para a execução de movimentos explosivos e para a realização eficiente de diversas tarefas funcionais, como levantar-se de uma cadeira, subir escadas ou recuperar o equilíbrio após uma perturbação postural (50). Estudos indicam que a potência muscular pode ser um indicador importante de desempenho funcional e mobilidade em diferentes populações (50-52).

A flexibilidade também constitui um componente essencial da aptidão musculoesquelética, sendo definida como a capacidade de uma articulação ou conjunto de articulações de se mover através de uma amplitude completa de movimento (10, 11). Níveis adequados de flexibilidade contribuem para a manutenção da mobilidade articular, a prevenção de lesões musculoesqueléticas e a melhora do desempenho em diversas atividades físicas (10,

45). Além disso, a flexibilidade está associada à eficiência do movimento e à redução da rigidez muscular, fatores importantes para a realização segura de exercícios físicos.

De maneira geral, a aptidão musculoesquelética desempenha papel fundamental na saúde e na qualidade de vida, uma vez que contribui para a manutenção da capacidade funcional, para a prevenção de lesões e para a melhora do desempenho físico (10, 11). Nesse sentido, programas de exercícios físicos que incluem treinamento de força, exercícios de potência e atividades voltadas ao desenvolvimento da flexibilidade são amplamente recomendados como estratégias eficazes para a promoção da saúde musculoesquelética em diferentes populações (2, 53).

3.2 Recomendações de Exercícios para Adultos

A prática regular de exercícios físicos é amplamente reconhecida como uma das principais estratégias para a promoção da saúde e prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (7). Nesse contexto, diversas organizações internacionais têm estabelecido diretrizes baseadas em evidências científicas para orientar a prática de exercícios físicos em diferentes populações, incluindo adultos saudáveis (2, 10, 54).

As diretrizes recomendam a prática regular de exercícios físicos, preferencialmente todos os dias ou na maioria dos dias da semana, para a população em geral (10, 54). De acordo com as recomendações da *World Health Organization*, todos os adultos devem realizar entre 150 e 300 minutos semanais de atividade física aeróbia de intensidade moderada, ou entre 75 e 150 minutos de atividade física de intensidade vigorosa, podendo também combinar atividades de diferentes intensidades ao longo da semana (2). Essas recomendações têm como objetivo promover benefícios significativos à saúde, incluindo a redução do risco de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, alguns tipos de câncer e mortalidade prematura (2, 7).

Além da atividade aeróbia, a Organização Mundial da Saúde recomenda que adultos realizem exercícios de fortalecimento muscular envolvendo os principais grupos musculares pelo menos duas vezes por semana (2). Esse tipo de treinamento contribui para o desenvolvimento da aptidão musculoesquelética, favorecendo o aumento da força muscular, a manutenção da massa magra e a melhora da funcionalidade para a realização das atividades da vida diária (10, 55).

De forma semelhante, as diretrizes do *American College of Sports Medicine* destacam a importância de programas de exercícios que combinem diferentes componentes da aptidão física, incluindo exercícios aeróbios, treinamento de força, atividades voltadas para o desenvolvimento da flexibilidade e exercícios neuromotores (10). Essa abordagem integrada possibilita melhorias mais abrangentes na aptidão física relacionada à saúde e contribui para a manutenção da capacidade funcional ao longo da vida (11, 54).

No que se refere à prescrição do exercício, recomenda-se a utilização do princípio FITT, que considera os parâmetros de frequência, intensidade, tempo e tipo de exercício para a elaboração de programas de treinamento (10). De maneira geral, adultos saudáveis devem realizar exercícios aeróbios com frequência de três a cinco sessões por semana, em intensidades moderadas a vigorosas, enquanto os exercícios resistidos podem ser realizados de duas a três vezes por semana, envolvendo os principais grupos musculares (10). As recomendações gerais para prescrição de exercícios físicos em adultos, considerando os parâmetros do princípio FITT, estão sintetizadas na Tabela 1.

TABELA 1. Frequência do exercício, intensidade, tempo e tipo recomendado para adultos.

Frequência	Intensidade	Tempo	Tipo
≥5 dias por semana	Moderada (40–59% da frequência cardíaca de reserva ou VO ₂ reserva)	30–60 minutos por sessão (≥150 minutos por semana), podendo ser acumulados em períodos ≥10 minutos	Exercício aeróbio contínuo envolvendo grandes grupos musculares
≥3 dias por semana	Vigorosa (60–89% da frequência cardíaca de reserva ou VO ₂ reserva)	20–60 minutos por sessão (≥75 minutos por semana)	Exercício aeróbio contínuo envolvendo grandes grupos musculares
2–3 dias por semana	40–50% de 1RM (iniciantes) / 60–70% de 1RM (intermediários) / ≥80% de 1RM (avançados)	2–4 séries de 8–12 repetições por exercício, com intervalo de 2–3 minutos entre séries	Exercícios resistidos envolvendo os principais grupos musculares

Fonte: Adaptado de Garber *et al.* (10)

Além do treinamento contínuo tradicional, estratégias como o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) têm sido amplamente investigadas na literatura científica. Esse modelo de treinamento caracteriza-se pela alternância entre períodos curtos de exercício de alta intensidade e períodos de recuperação ativa ou passiva (56). Estudos recentes demonstram que

o HIIT pode promover melhorias significativas na aptidão cardiorrespiratória, no controle metabólico e na composição corporal, muitas vezes com menor volume total de exercício quando comparado ao treinamento contínuo de intensidade moderada (56, 57).

Dessa forma, as recomendações atuais indicam que programas de exercícios físicos devem contemplar diferentes modalidades e componentes da aptidão física, permitindo intervenções mais completas e eficazes para a promoção da saúde em adultos (2, 10).

3.3 Modalidades de Exercícios Físicos

A prática de exercícios físicos pode ser realizada por meio de diferentes modalidades, as quais apresentam características específicas em relação à intensidade, duração, tipo de contração muscular e sistemas fisiológicos predominantemente envolvidos (10, 58). De modo geral, essas modalidades podem ser classificadas em exercícios aeróbios, exercícios resistidos e exercícios combinados, cada um contribuindo de forma distinta para o desenvolvimento dos diferentes componentes da aptidão física relacionada à saúde (10, 53).

Os exercícios aeróbios são caracterizados pela realização de movimentos rítmicos e contínuos que envolvem grandes grupos musculares e dependem predominantemente do metabolismo oxidativo para produção de energia (30, 58). Essas atividades promovem importantes adaptações fisiológicas no sistema cardiorrespiratório, contribuindo para o aumento do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), melhora da eficiência cardiovascular e redução do risco de doenças cardiometabólicas (30). Entre as modalidades aeróbias mais comuns destacam-se a caminhada, a corrida, o ciclismo e a natação, atividades amplamente utilizadas em programas de promoção da saúde e condicionamento físico (59).

Por outro lado, os exercícios resistidos são caracterizados pela realização de contrações musculares contra algum tipo de resistência externa, como pesos livres, máquinas ou o próprio peso corpora (10). Esse tipo de treinamento é amplamente utilizado para o desenvolvimento da força muscular, potência e resistência muscular, além de contribuir para a manutenção da massa muscular e melhora da composição corporal (53, 60, 61).

Nos últimos anos, diferentes modalidades de exercício têm sido incorporadas aos programas de treinamento físico, incluindo métodos que combinam exercícios resistidos e exercícios de flexibilidade, como é o caso do método Pilates. Desenvolvido por Joseph Pilates no início do século XX, esse método baseia-se na realização de movimentos controlados

associados à respiração, ao fortalecimento do centro de força (core) e ao aprimoramento da consciência corporal (62). O método Pilates tem sido amplamente utilizado tanto em contextos de reabilitação quanto em programas de condicionamento físico, sendo associado a melhorias na força muscular, flexibilidade, estabilidade do tronco e postura corporal (63).

Dessa forma, considerando que diferentes modalidades de exercício podem promover adaptações fisiológicas distintas, torna-se relevante investigar os efeitos específicos dessas intervenções sobre os componentes da aptidão física relacionada à saúde. Nesse contexto, modalidades como o Pilates e exercícios aeróbios, especialmente caminhada e corrida, têm sido amplamente utilizadas em programas de treinamento voltados à promoção da saúde e ao condicionamento físico em adultos.

3.3.1 Exercícios Resistidos

A atividade física e o exercício físico sistematizado desempenham papel fundamental na promoção da saúde, além de contribuírem para a prevenção, controle e tratamento de diversas doenças crônicas não transmissíveis (61, 64). Nesse contexto, os exercícios resistidos são amplamente utilizados em programas de treinamento físico com o objetivo de melhorar diferentes componentes da aptidão física, incluindo força muscular, potência e resistência muscular localizada (10, 61).

O exercício de resistência pode ser realizado por meio de diferentes formas de sobrecarga, como máquinas de musculação, pesos livres, elásticos ou até mesmo utilizando o peso corporal como forma de resistência (65). Essas diferentes formas de execução permitem o desenvolvimento de diversas capacidades neuromusculares, como força, potência e resistência muscular localizada (53).

A resistência muscular localizada (RML) é um conceito amplamente discutido na literatura científica devido à sua relevância para o desempenho físico e funcional. De acordo com o *American College of Sports Medicine*, a RML pode ser definida como a capacidade de um grupo muscular realizar repetições sucessivas de um determinado exercício durante um período prolongado até o ponto de fadiga ou enquanto mantém um percentual específico da carga máxima que pode ser levantada em uma única repetição (1RM) (64).

Os exercícios voltados ao desenvolvimento da resistência muscular localizada concentram-se no fortalecimento de grupos musculares específicos por meio da realização de

contrações musculares contra alguma forma de resistência. Esses exercícios visam melhorar tanto a força quanto a endurance muscular e podem ser realizados com pesos livres, máquinas, elásticos ou com o próprio peso corporal. Exemplos clássicos incluem exercícios como agachamentos, flexões e abdominais (53, 64).

Do ponto de vista fisiológico, as respostas metabólicas durante exercícios de resistência podem variar de acordo com o volume e a intensidade do treinamento. Durante exercícios realizados em alta intensidade e baixo volume, o organismo utiliza predominantemente os sistemas de energia anaeróbico alático e anaeróbico láctico. Esse processo pode resultar no acúmulo de lactato e no aumento da demanda de oxigênio após o exercício, fenômeno conhecido como consumo excessivo de oxigênio pós-exercício (EPOC) (66).

Além disso, estratégias como circuitos de exercícios resistidos com intervalos curtos de recuperação entre as séries podem aumentar a demanda cardiovascular durante o exercício. Dessa forma, esse tipo de treinamento pode contribuir não apenas para o desenvolvimento da força muscular, mas também para melhorias na aptidão cardiorrespiratória (67).

Entre as diferentes modalidades de exercícios resistidos utilizadas em programas de condicionamento físico e reabilitação, destaca-se o método Pilates, que tem se tornado cada vez mais popular nas últimas décadas. Estudos indicam que o Pilates pode ser eficaz na melhora da força muscular localizada, especialmente na região do core, além de promover melhorias na flexibilidade e estabilidade corporal (63). Além disso, a prática regular do método tem sido associada à melhora da postura e da consciência corporal, fatores importantes para a saúde musculoesquelética e prevenção de lesões (68).

3.3.1.1. Método Pilates

Desde o início do século XX, o método Pilates tem sido utilizado como uma forma de exercício voltada ao desenvolvimento da força, flexibilidade e controle muscular, especialmente na região lombar e pélvica, que desempenham papel fundamental na realização das atividades da vida diária (63, 68). O método consiste em uma série de exercícios realizados tanto no solo quanto em equipamentos específicos que utilizam molas para gerar resistência ou assistência ao movimento (62).

Historicamente, a técnica começou a ganhar popularidade entre bailarinos e dançarinos, especialmente após a abertura do primeiro estúdio de Joseph Pilates em Nova York, localizado

próximo a diversos estúdios de dança. Nesse contexto, muitos profissionais da dança passaram a utilizar o método como estratégia de condicionamento físico e prevenção de lesões (63).

Nas últimas décadas, os exercícios de Pilates passaram a ser amplamente utilizados tanto em programas de treinamento físico quanto em contextos de reabilitação musculoesquelética (63). A técnica é frequentemente classificada como um método de treinamento do tipo “mente-corpo”, assim como Yoga e Tai Chi Chuan, pois integra princípios de concentração, respiração e controle corporal durante a execução dos movimentos (68).

O método envolve a realização de movimentos controlados, utilizando o peso corporal ou resistência proporcionada por molas presentes nos equipamentos específicos da técnica (62, 69). A prática regular desses exercícios pode proporcionar benefícios como fortalecimento muscular, aumento da flexibilidade, melhora da resistência muscular e aprimoramento da estabilidade postural (70).

Entre os diferentes equipamentos utilizados na prática do método Pilates destacam-se o *Cadillac*, *Reformer*, *Step Chair*, *Ladder Barrel*, *Wall Unit*, *Spine Corrector* e *Small Barrel*. Esses aparelhos utilizam sistemas de molas e alavancas que permitem diferentes níveis de resistência e assistência durante a execução dos exercícios, possibilitando grande variedade de movimentos e progressões de treinamento (69). A Figura 1 apresenta os principais equipamentos utilizados na prática do método Pilates

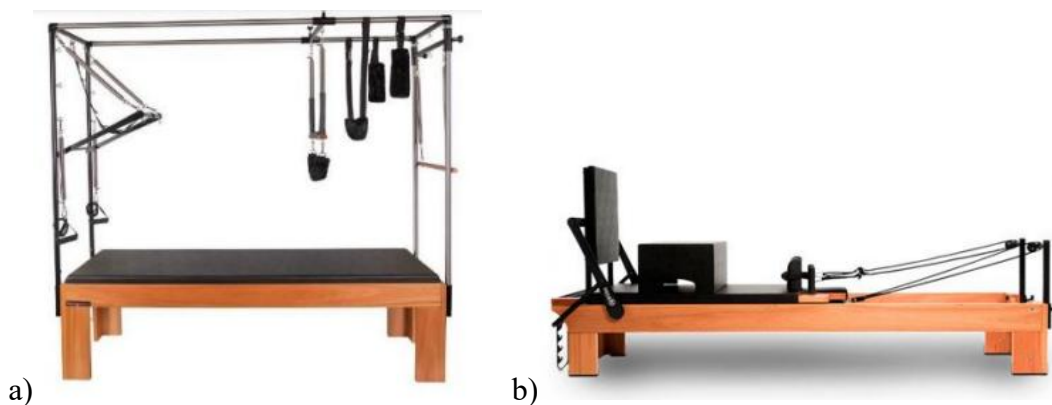




Figura 1. Principais equipamentos utilizados nos exercícios de Pilates: a) *Cadillac*; b) *Reformer*; c) *Step Chair*; d) *Ladder Barrel*; e) *Wall Unit*; f) *Spine Corrector* e g) *Small Barrel*.

Fonte: Adaptado de imagens disponíveis em acervos de equipamentos de Pilates.

Com o passar do tempo, diferentes acessórios passaram a ser incorporados aos exercícios de Pilates, incluindo bola suíça, rolos, tornozzeiras, Bosu e faixas elásticas, ampliando as possibilidades de variação e progressão dos exercícios (63).

Os exercícios do método Pilates são fundamentados em seis princípios básicos que orientam a execução adequada dos movimentos e garantem maior eficiência e segurança durante a prática. Esses princípios incluem concentração, respiração, fluidez, centralização, precisão e controle (69). A Tabela 2 apresenta a descrição dos principais princípios que norteiam a execução dos exercícios no método Pilates.

No que se refere ao controle da intensidade do esforço durante as sessões de Pilates, é comum que a intensidade seja monitorada de forma subjetiva por meio de escalas de percepção de esforço, como a escala CR-10 proposta por Borg ou a escala OMNI-RES. Além disso, o profissional responsável pela condução da sessão também avalia a execução dos movimentos, observando possíveis compensações posturais e adaptando os exercícios de forma individualizada de acordo com o nível de condicionamento físico do praticante (71).

Tabela 2. Princípios do Pilates.

Princípios	Característica
Centralização	Refere-se à contração contínua dos músculos responsáveis pela estabilização da região lombo-pélvica ao longo de todo o movimento. Essa contração contribui para fortalecer essa área, prevenir lesões e auxiliar na manutenção de uma postura adequada.
Controle	Esse princípio envolve a realização do movimento em uma velocidade moderada, evitando tanto a execução rápida quanto excessivamente lenta em todas as fases do exercício.
Fluidez	A fluidez está relacionada à execução ritmada do movimento, sem interrupções abruptas, trancos ou solavancos. É importante manter uma velocidade constante, sem paradas repentinas ou bruscas.
Respiração	Durante o exercício, é recomendada uma inspiração quando o indivíduo está em repouso e uma expiração durante o movimento. Essa forma de respiração ajuda a evitar a apneia (interrupção da respiração) durante o exercício e auxilia na execução do movimento em uma velocidade moderada e ritmo constante.
Precisão	A precisão refere-se à execução dos exercícios em postura adequada e sem compensações de estruturas que deveriam estar estabilizadas. Isso significa que o movimento deve ocorrer dentro de uma amplitude adequada, tanto no alongamento quanto no fortalecimento, a fim de obter resultados efetivos e evitar lesões.
Concentração	Este princípio destaca a importância de realizar cada movimento com foco na postura correta e nos músculos específicos que estão sendo trabalhados, tanto no fortalecimento quanto no alongamento. Ao concentrar-se adequadamente durante o exercício, aumenta-se a probabilidade de respeitar simultaneamente todos os outros princípios relacionados ao treinamento. Isso inclui a execução fluida do movimento, a amplitude adequada e a prevenção de compensações indesejadas. A concentração durante o exercício contribui para resultados mais efetivos e reduz o risco de lesões.

Fonte: Adaptado de Wells *et al.* (63)

3.3.2. Exercícios aeróbios

Os exercícios aeróbios são caracterizados pela realização de movimentos rítmicos e contínuos que envolvem grandes grupos musculares e dependem predominantemente do metabolismo oxidativo para produção de energia (30, 58). Esse tipo de exercício promove importantes adaptações fisiológicas nos sistemas cardiovascular, respiratório e metabólico, contribuindo para melhorias na aptidão cardiorrespiratória, na composição corporal e na saúde geral (10).

A prática regular de exercícios aeróbios está associada a diversos benefícios à saúde, incluindo a redução do risco de doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, obesidade e mortalidade por todas as causas (7, 27). Além disso, a realização dessas atividades contribui para o aumento do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), considerado um dos principais indicadores da aptidão cardiorrespiratória (59).

Entre os diferentes modelos de treinamento aeróbio, destacam-se o treinamento contínuo e o treinamento intervalado (57, 72). O treinamento contínuo consiste na realização de exercícios de forma ininterrupta por um período prolongado, geralmente em intensidade moderada (58). Já o treinamento intervalado caracteriza-se pela alternância entre períodos de exercício em maior intensidade e períodos de recuperação ativa ou passiva (56, 72).

Nas últimas décadas, o treinamento intervalado tem recebido grande atenção na literatura científica devido ao seu potencial de promover melhorias significativas na aptidão cardiorrespiratória em menor tempo de treinamento. Estudos indicam que protocolos de treinamento intervalado podem produzir adaptações fisiológicas semelhantes ou até superiores às obtidas com o treinamento contínuo tradicional, especialmente em relação ao aumento do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (56, 57, 72).

Entre as diferentes formas de treinamento intervalado, destaca-se o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT), que envolve curtos períodos de exercício realizados em intensidades elevadas, intercalados com períodos de recuperação (57, 72). Esse modelo de treinamento tem demonstrado grande eficácia na melhora da aptidão cardiorrespiratória, na redução da gordura corporal e na melhora de indicadores metabólicos (56).

Além da intensidade e da duração do exercício, o controle da carga de treinamento também pode ser realizado por meio da percepção subjetiva de esforço (PSE), amplamente utilizada em programas de treinamento físico. Diferentes escalas têm sido desenvolvidas para esse propósito, permitindo estimar de forma prática a intensidade do esforço durante o exercício (71). Entre essas ferramentas, destaca-se a escala OMNI-RES, desenvolvida e amplamente utilizada para monitorar a intensidade do treinamento por meio da percepção individual de esforço (73).

Dessa forma, diferentes estratégias de treinamento aeróbio, incluindo o treinamento contínuo e o treinamento intervalado, podem ser utilizadas para promover melhorias na aptidão cardiorrespiratória e em outros componentes da aptidão física relacionada à saúde.

3.3.2.1 Caminhada e corrida

Entre as diversas modalidades de exercício aeróbio, a caminhada e a corrida destacam-se como algumas das atividades físicas mais praticadas em todo o mundo (74). Essas modalidades apresentam grande acessibilidade, baixo custo e facilidade de execução, podendo ser realizadas por indivíduos com diferentes níveis de condicionamento físico, sendo amplamente recomendadas em programas de promoção da saúde e prevenção de doenças crônicas (7, 27).

A caminhada é frequentemente recomendada como forma inicial de exercício aeróbio, especialmente para indivíduos sedentários ou em processo de reabilitação. A prática regular dessa atividade pode contribuir para melhorias na aptidão cardiorrespiratória, controle do peso corporal, redução da pressão arterial e melhora da saúde metabólica, além de apresentar baixo risco de lesões quando comparada a modalidades de maior impacto (75, 76).

Por sua vez, a corrida apresenta maior intensidade de esforço quando comparada à caminhada, proporcionando estímulos mais elevados ao sistema cardiorrespiratório (30). A prática regular da corrida tem sido associada a importantes benefícios à saúde, incluindo aumento do $\text{VO}_2\text{máx}$, melhora da eficiência cardiovascular e redução do risco de mortalidade por doenças cardiovasculares e mortalidade por todas as causas (7, 59).

Além disso, tanto a caminhada quanto a corrida podem ser realizadas utilizando diferentes estratégias de treinamento, incluindo protocolos intervalados. A alternância entre períodos de corrida e caminhada, por exemplo, constitui uma forma prática de treinamento intervalado amplamente utilizada em programas de condicionamento físico, permitindo ajustar a intensidade do exercício de acordo com o nível de condicionamento do praticante (56, 72).

Esse tipo de abordagem permite que indivíduos iniciantes ou moderadamente treinados realizem estímulos de maior intensidade de forma progressiva, promovendo adaptações fisiológicas importantes no sistema cardiorrespiratório e contribuindo para melhorias na aptidão física geral e na capacidade funcional (56, 72).

3.3.3 Exercícios combinados

Programas de treinamento físico frequentemente combinam diferentes modalidades de exercício com o objetivo de promover adaptações fisiológicas mais abrangentes. A associação

entre exercícios aeróbios e exercícios resistidos é conhecida na literatura como treinamento combinado ou *concurrent training*, sendo amplamente utilizada em programas de promoção da saúde e condicionamento físico (77). Esse tipo de abordagem permite estimular simultaneamente diferentes sistemas fisiológicos, contribuindo para melhorias tanto na aptidão cardiorrespiratória quanto na aptidão musculoesquelética (78).

Diretrizes internacionais de atividade física recomendam que adultos realizem tanto exercícios aeróbios quanto exercícios de fortalecimento muscular ao longo da semana, uma vez que essas modalidades promovem adaptações complementares no organismo (10). Enquanto os exercícios aeróbios são mais eficazes na melhora da capacidade cardiorrespiratória e do metabolismo energético, os exercícios resistidos desempenham papel fundamental no desenvolvimento da força muscular, manutenção da massa magra e melhora da funcionalidade física (59).

Estudos têm investigado os efeitos do treinamento combinado sobre diferentes componentes da aptidão física. Evidências indicam que a combinação entre exercícios aeróbios e resistidos pode promover melhorias simultâneas na aptidão cardiorrespiratória, na força muscular e na composição corporal (79). Além disso, revisões sistemáticas demonstram que programas que integram essas modalidades podem resultar em reduções significativas da gordura corporal e melhora do controle metabólico, especialmente em indivíduos sedentários ou com fatores de risco cardiometabólicos (80).

Apesar dos benefícios observados, a literatura também discute o chamado efeito de interferência, no qual o treinamento aeróbio poderia atenuar parte das adaptações associadas ao treinamento resistido quando ambas as modalidades são realizadas simultaneamente (77). No entanto, revisões mais recentes sugerem que esse efeito depende principalmente de fatores como volume, intensidade, frequência e organização do treinamento, sendo possível obter adaptações positivas em ambas as capacidades físicas quando o programa é adequadamente estruturado (78, 79).

Nesse contexto, programas de treinamento combinados têm sido amplamente recomendados em intervenções voltadas à promoção da saúde, pois permitem desenvolver múltiplos componentes da aptidão física relacionada à saúde de forma integrada. Dessa forma, a combinação de diferentes modalidades de exercício pode representar uma estratégia eficiente para melhorar simultaneamente a aptidão cardiorrespiratória, a força muscular e a composição corporal.

3.3.3.1 Pilates associado à caminhada e corrida

Entre as diferentes estratégias de treinamento combinado, a associação entre exercícios resistidos e exercícios aeróbios tem sido frequentemente utilizada em programas de condicionamento físico. Nesse contexto, o método Pilates pode representar uma alternativa interessante de exercício resistido, especialmente quando combinado com atividades aeróbias como caminhada ou corrida.

O método Pilates é amplamente reconhecido por promover melhorias na força muscular, especialmente na musculatura estabilizadora do tronco, além de contribuir para o aumento da flexibilidade, da estabilidade postural e do controle neuromuscular (63). Revisões sistemáticas demonstram que a prática regular do método pode resultar em ganhos significativos de força muscular e flexibilidade em diferentes populações (63, 68, 70, 81).

Por outro lado, exercícios aeróbios como caminhada e corrida são reconhecidos por seus efeitos positivos sobre a aptidão cardiorrespiratória e a saúde cardiovascular (10). A prática regular dessas atividades está associada ao aumento do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), melhora da eficiência cardiovascular e redução do risco de mortalidade por doenças cardiovasculares (7).

A combinação entre exercícios voltados ao fortalecimento muscular e atividades aeróbias pode potencializar os benefícios sobre diferentes componentes da aptidão física. Estudos indicam que programas de treinamento que integram exercícios aeróbios e resistidos podem promover melhorias simultâneas na aptidão cardiorrespiratória, na força muscular e na composição corporal (79, 80).

Nesse sentido, a associação entre Pilates e exercícios aeróbios, como caminhada ou corrida, pode representar uma estratégia interessante de treinamento físico, permitindo estimular simultaneamente a aptidão musculoesquelética e a aptidão cardiorrespiratória. Dessa forma, programas que integram essas modalidades podem favorecer melhorias mais abrangentes nos componentes da aptidão física relacionada à saúde, especialmente quando comparados à realização isolada de apenas uma modalidade de exercício.

4 REFERÊNCIAS

1. Vos T, Lim SS, Abbafati C, Abbas KM, Abbasi M, Abbasifard M, et al. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. 2020;396(10258):1204–22.
2. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*. 2020;54(24):1451–62.
3. Booth FW, Roberts CK, Thyfault JP, Rueggsegger GN, Toedebusch RG. Role of inactivity in chronic diseases: evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. *Physiological reviews*. 2017;97(4):1351–402.
4. Guimaraes RM, Andrade S, Machado EL, Bahia CA, Oliveira Md, Jacques F. Regional differences in cardiovascular mortality transition in Brazil, 1980 to 2012. *Revista Panamericana de Salud Publica= Pan American Journal of Public Health*. 2015;37(2):83–9.
5. Aune D, Norat T, Leitzmann M, Tonstad S, Vatten LJ. Physical activity and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose–response meta-analysis. *European journal of epidemiology*. 2015;30(7):529–42.
6. Carvalho J, Borges-Machado F, Pizarro AN, Bohn L, Barros D. Home Confinement in Previously Active Older Adults: A Cross-Sectional Analysis of Physical Fitness and Physical Activity Behavior and Their Relationship With Depressive Symptoms. *Frontiers in Psychology*. 2021;Volume 12 - 2021.
7. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012;380(9838):219–29.
8. Schuch FB, Vancampfort D, Firth J, Rosenbaum S, Ward PB, Silva ES, et al. Physical activity and incident depression: a meta-analysis of prospective cohort studies. *American journal of psychiatry*. 2018;175(7):631–48.
9. American College of Sports Medicine. ACSM’s guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2018.
10. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334–59.

11. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985;100(2):126–31.
12. Blair SN, Cheng Y, Holder JS. Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(6 Suppl):S379–99; discussion S419–20.
13. MV N. Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo. Florianópolis: Ed. da UFSC; 2017.
14. Eliks M, Zgorzalewicz-Stachowiak M, Zeńczak-Praga K. Application of Pilates-based exercises in the treatment of chronic non-specific low back pain: state of the art. *Postgraduate medical journal.* 2019;95(1119):41–5.
15. Guimarães Lima M, Malta DC, Monteiro CN, da Silva Sousa NF, Stopa SR, Medina LdPB, et al. Leisure-time physical activity and sports in the Brazilian population: A social disparity analysis. *PloS one.* 2019;14(12):e0225940.
16. Pires TL, Alves J. Efeitos do método pilates na flexibilidade e na força muscular de crianças, adultos e idosos: uma revisão integrativa. *Brazilian Journal of Health Review.* 2023;6(6):32131–45.
17. Fernández-Rodríguez R, Álvarez-Bueno C, Ferri-Morales A, Torres-Costoso AI, Cavero-Redondo I, Martínez-Vizcaíno V. Pilates Method Improves Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2019;8(11).
18. Sharma D, Kaur J, Rani M, Bansal A, Malik M, Kulandaivelan S. Efficacy of Pilates based mat exercise on quality of life, quality of sleep and satisfaction with life in type 2 diabetes mellitus. *Romanian Journal of Diabetes Nutrition and Metabolic Diseases.* 2018;25(2):149–56.
19. Cordeiro ALL, Oliveira APS, Cerqueira NS, Santos FAF, Oliveira AMS. Pilates method on pain in patients with low back pain: systematic review. *BrJP.* 2022;5(3):265–71.
20. Rayes ABR, de Lira CAB, Viana RB, Benedito-Silva AA, Vancini RL, Mascarini N, et al. The effects of Pilates vs. aerobic training on cardiorespiratory fitness, isokinetic muscular strength, body composition, and functional tasks outcomes for individuals who are overweight/obese: a clinical trial. *PeerJ.* 2019;7:e6022.
21. Wang Y, Chen Z, Wu Z, Ye X, Xu X. Pilates for Overweight or Obesity: A Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2021;12:643455.

22. Pessoa RAG, de Oliveira LC, Vitor GBB, de Oliveira RG. Effects of Pilates exercises on cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. *Complement Ther Clin Pract.* 2023;52:101772.
23. de Souza Cavina AP, Junior EP, Machado AF, Biral TM, Lemos LK, Rodrigues CRD, et al. Effects of the mat pilates method on body composition: systematic review with meta-analysis. *Journal of Physical Activity and Health.* 2020;17(6):673–81.
24. Cao L, Li X, Yan P, Wang X, Li M, Li R, et al. The effectiveness of aerobic exercise for hypertensive population: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Clinical Hypertension.* 2019;21(7):868–76.
25. van Baak MA, Pramono A, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, Busetto L, et al. Effect of different types of regular exercise on physical fitness in adults with overweight or obesity: Systematic review and meta-analyses. *Obes Rev.* 2021;22 Suppl 4(Suppl 4):e13239.
26. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *Jama.* 2009;301(19):2024–35.
27. Warburton DER, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Curr Opin Cardiol.* 2017;32(5):541–56.
28. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond).* 2008;32(1):1–11.
29. Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Després J-P, Franklin BA, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2016;134(24):e653–e99.
30. Bassett DR, Jr., Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(1):70–84.
31. Poole DC, Jones AM. Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2max}$: $\dot{V}O_{2peak}$ is no longer acceptable. *J Appl Physiol (1985).* 2017;122(4):997–1002.
32. Wagner PD. Determinants of maximal oxygen transport and utilization. *Annu Rev Physiol.* 1996;58:21–50.
33. Myers J, Kokkinos P, Nyelin E. Physical activity, cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome. *Nutrients.* 2019;11(7):1652.

34. Herdy AH, Ritt LEF, Stein R, Araújo CGSd, Milani M, Meneghelo RS, et al. Cardiopulmonary exercise test: background, applicability and interpretation. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 2016;107(5):467–81.
35. Martins FM, EG DS, Souza MA, Vieira ER, RA DS, Barbosa AC. Eight-week equipment-based Pilates exercises positively affects quality of life, and functional capacity in non-active adult women: a randomized controlled trial. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2020;61(3):435–43.
36. Balady GJ, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, et al. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;122(2):191–225.
37. Afshin A, Forouzanfar MH, Reitsma MB, Sur P, Estep K, Lee A, et al. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *N Engl J Med*. 2017;377(1):13–27.
38. Hruby A, Hu FB. The Epidemiology of Obesity: A Big Picture. *Pharmacoeconomics*. 2015;33(7):673–89.
39. Blüher M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nat Rev Endocrinol*. 2019;15(5):288–98.
40. Borga M, West J, Bell JD, Harvey NC, Romu T, Heymsfield SB, et al. Advanced Body Composition Assessment: From Body Mass Index to Body Composition Profiling. *Journal of Investigative Medicine*. 2018;66(5):1–9.
41. Heymsfield SB, Wadden TA. Mechanisms, pathophysiology, and management of obesity. *New England Journal of Medicine*. 2017;376(3):254–66.
42. Swift DL, McGee JE, Earnest CP, Carlisle E, Nygard M, Johannsen NM. The effects of exercise and physical activity on weight loss and maintenance. *Progress in cardiovascular diseases*. 2018;61(2):206–13.
43. Organization WH. Obesity and overweight 2021 [Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>].
44. Currier BS, Mcleod JC, Banfield L, Beyene J, Welton NJ, D'Souza AC, et al. Resistance training prescription for muscle strength and hypertrophy in healthy adults: a systematic review and Bayesian network meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2023;57(18):1211–20.
45. Behm DG, Young JD, Whitten JHD, Reid JC, Quigley PJ, Low J, et al. Effectiveness of Traditional Strength vs. Power Training on Muscle Strength, Power and Speed with Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol*. 2017;8:423.

46. Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(11):1849–55.
47. Ramsey KA, Rojer AG, D’Andrea L, Otten RH, Heymans MW, Trappenburg MC, et al. The association of objectively measured physical activity and sedentary behavior with skeletal muscle strength and muscle power in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing research reviews*. 2021;67:101266.
48. Li F, Omar Dev RD, Soh KG, Wang C, Yuan Y. Effects of Pilates on Body Posture: A Systematic Review. *Arch Rehabil Res Clin Transl*. 2024;6(3):100345.
49. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Med*. 2011;41(1):17–38.
50. Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exercise and sport sciences reviews*. 2012;40(1):4–12.
51. Foldvari M, Clark M, Laviolette LC, Bernstein MA, Kaliton D, Castaneda C, et al. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(4):M192–M9.
52. Alcazar J, Guadalupe-Grau A, García-García FJ, Ara I, Alegre LM. Skeletal muscle power measurement in older people: a systematic review of testing protocols and adverse events. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2018;73(7):914–24.
53. Kraemer W. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & science in sports & exercise*. 2004.
54. Piercy KL, Troiano RP, Ballard RM, Carlson SA, Fulton JE, Galuska DA, et al. The physical activity guidelines for Americans. *Jama*. 2018;320(19):2020–8.
55. Peterson MD, Sen A, Gordon PM. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(2):249.
56. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2014;48(16):1227–34.
57. Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO₂max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine*. 2015;45(10):1469–81.

58. MacArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance: Wolters Kluwer-Lippincott Williams & Wilkins Health Baltimore, MD; 2010.
59. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2015;25:1–72.
60. Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current sports medicine reports*. 2012;11(4):209–16.
61. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Hornsby WG, Stone MH. Training for muscular strength: Methods for monitoring and adjusting training intensity. *Sports Medicine*. 2021;51(10):2051–66.
62. Latey P. The Pilates method: history and philosophy. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2001;5(4):275–82.
63. Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining Pilates exercise: a systematic review. *Complementary therapies in medicine*. 2012;20(4):253–62.
64. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 9 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
65. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 11 ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2021.
66. Powers SK, Howley ET. Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance. (No Title). 2007.
67. Bompa TO, Buzzichelli C. Periodization-: theory and methodology of training: Human kinetics; 2019.
68. Cruz-Ferreira A, Fernandes J, Laranjo L, Bernardo LM, Silva A. A systematic review of the effects of pilates method of exercise in healthy people. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2011;92(12):2071–81.
69. Oliveira RGO, L. C. Fundamentos do Método Pilates. Brasil: Pilates Company LTDA; 2015.
70. Bullo V, Bergamin M, Gobbo S, Sieverdes JC, Zaccaria M, Neunhaeuserer D, et al. The effects of Pilates exercise training on physical fitness and wellbeing in the elderly: A systematic review for future exercise prescription. *Prev Med*. 2015;75:1–11.
71. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377–81.

72. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of physiology*. 2012;590(5):1077–84.
73. Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine & science in sports & exercise*. 2003;35(2):333–41.
74. Lee D-c, Brellenthin AG, Thompson PD, Sui X, Lee I-M, Lavie CJ. Running as a key lifestyle medicine for longevity. *Progress in cardiovascular diseases*. 2017;60(1):45–55.
75. Murtagh EM, Murphy MH, Boone-Heinonen J. Walking: the first steps in cardiovascular disease prevention. *Current opinion in cardiology*. 2010;25(5):490–6.
76. Hanson S, Jones A. Is there evidence that walking groups have health benefits? A systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2015;49(11):710–5.
77. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SM, Loenneke JP, Anderson JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(8):2293–307.
78. Fyfe JJ, Bishop DJ, Stepto NK. Interference between Concurrent Resistance and Endurance Exercise: Molecular Bases and the Role of Individual Training Variables. *Sports Medicine*. 2014;44(6):743–62.
79. Murach KA, Bagley JR. Less is more: the physiological basis for tapering in endurance, strength, and power athletes. *Sports*. 2015;3(3):209–18.
80. Schroeder EC, Franke WD, Sharp RL, Lee D-c. Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial. *PloS one*. 2019;14(1):e0210292.
81. Byrnes K, Wu P-J, Whillier S. Is Pilates an effective rehabilitation tool? A systematic review. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2018;22(1):192–202.

5. ARTIGO CIENTÍFICO 1

EFEITOS ISOLADOS E COMBINADOS DO PILATES E DO TREINAMENTO AERÓBIO NA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA E MUSCULOESQUELÉTICA EM ADULTOS JOVENS: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

RESUMO

Introdução: O treinamento com exercícios de Pilates tem demonstrado benefícios na aptidão cardiorrespiratória e musculoesquelética quando comparado a controles destreinados. Contudo, ainda são limitadas as evidências provenientes de comparações diretas com o treinamento aeróbio, bem como sobre possíveis efeitos adicionais da combinação entre essas modalidades.

Objetivo: Comparar os efeitos do Pilates, do treinamento aeróbio e da combinação entre ambos na aptidão cardiorrespiratória e musculoesquelética em mulheres adultas jovens.

Métodos: Oitenta participantes (18–40 anos) foram randomizadas em quatro grupos: Pilates (n = 20), aeróbio (n = 20), combinado (n = 20) e controle (n = 20). Avaliações pré e pós-intervenção incluíram: $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); pico de torque isocinético ($\text{N}\cdot\text{m}$) dos músculos extensores e flexores do joelho, cotovelo e tronco; altura (cm), pico de força (N) e pico de potência (W) no salto vertical; e flexibilidade do tronco em flexão e extensão ($^{\circ}$). As intervenções foram realizadas durante 12 semanas, três vezes por semana, com sessões de 60 minutos. As análises seguiram o princípio de intenção de tratar, e os tamanhos de efeito foram calculados pelo d de Cohen.

Resultados: Todas as intervenções foram superiores ao grupo controle para o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ($p < 0,05$; $d > 0,80$). Os grupos Pilates e combinado apresentaram maiores ganhos no pico de torque dos flexores do joelho em comparação ao grupo aeróbio ($d < 0,50$). O grupo Pilates apresentou ganhos superiores ao aeróbio no pico de torque dos extensores do cotovelo ($d = 0,78$) e do tronco ($d = 1,08$). Além disso, o Pilates foi superior aos grupos aeróbio e controle para altura e potência do salto vertical ($d > 0,80$) e superior ao controle para flexibilidade do tronco em flexão ($d = 1,18$). Eventos adversos graves (lesões no joelho ou tornozelo) ocorreram em cinco participantes do grupo aeróbio, embora fora das sessões de exercício.

Conclusão: Pilates, treinamento aeróbio e sua combinação foram igualmente eficazes para melhorar a aptidão cardiorrespiratória. Entretanto, o Pilates apresentou maiores efeitos sobre componentes da aptidão musculoesquelética, incluindo força, potência muscular e flexibilidade, particularmente quando aplicado isoladamente.

Palavras-chave: exercício físico; corrida; condicionamento cardiorrespiratório; força muscular; amplitude de movimento.

ISOLATED AND COMBINED EFFECTS OF PILATES AND AEROBIC TRAINING ON CARDIORESPIRATORY AND MUSCULOSKELETAL FITNESS IN YOUNG ADULTS: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

ABSTRACT

Introduction: Pilates exercise training has demonstrated benefits for cardiorespiratory and musculoskeletal fitness when compared with inactive controls. However, direct comparisons with aerobic training remain limited, as does evidence regarding potential additional effects of combining these exercise modalities.

Objective: To compare the effects of Pilates, aerobic training, and their combination on cardiorespiratory and musculoskeletal fitness in young adult women.

Methods: Eighty participants (18–40 years) were randomized into four groups: Pilates (n = 20), aerobic (n = 20), combined (n = 20), and control (n = 20). Pre- and post-intervention assessments included: $\dot{V}O_{2\max}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); isokinetic peak torque ($\text{N}\cdot\text{m}$) of the knee, elbow, and trunk extensors and flexors; vertical jump height (cm), peak force (N), and peak power (W); and trunk flexibility in flexion and extension ($^{\circ}$). Interventions were conducted for 12 weeks, three times per week, with 60-minute sessions. Analyses followed the intention-to-treat principle, and effect sizes were estimated using Cohen's d.

Results: All interventions were superior to the control group for $\dot{V}O_{2\max}$ ($p < 0.05$; $d > 0.80$). The Pilates and combined groups showed greater gains in knee flexor peak torque compared with the aerobic group ($d < 0.50$). The Pilates group demonstrated greater improvements than the aerobic group in elbow extensor ($d = 0.78$) and trunk extensor peak torque ($d = 1.08$). Additionally, Pilates was superior to the aerobic and control groups for vertical jump height and power ($d > 0.80$), and superior to the control group for trunk flexion flexibility ($d = 1.18$). Serious adverse events (knee or ankle injuries) occurred in five participants in the aerobic group, although outside the exercise sessions.

Conclusion: Pilates, aerobic training, and their combination were equally effective in improving cardiorespiratory fitness. However, Pilates produced greater effects on several components of musculoskeletal fitness, including muscle strength, power, and flexibility, particularly when performed as a standalone intervention.

Keywords: exercise; running; cardiorespiratory fitness; muscular strength; range of motion.

1. INTRODUÇÃO

As diretrizes internacionais de atividade física recomendam que adultos realizem semanalmente exercícios aeróbios e treinamento de fortalecimento muscular, dada a complementaridade de seus efeitos sobre a saúde cardiometabólica e musculoesquelética [1-3]. Evidências robustas demonstram que o exercício aeróbio melhora a aptidão cardiorrespiratória, reduz fatores de risco cardiometabólicos [4, 5] e está associado à menor mortalidade por todas as causas [6, 7]. Paralelamente, exercícios de fortalecimento muscular promovem o aumento da massa e da força muscular, melhora da função física, previne lesões e contribui com a manutenção da saúde osteomuscular ao longo da vida [8, 9]. Desta forma, a combinação de exercícios aeróbios e de fortalecimento muscular é amplamente recomendada como estratégia ideal para promoção da saúde global [10-12].

Entre as modalidades aeróbias, a caminhada e a corrida destacam-se por sua ampla aplicabilidade, baixo custo e viabilidade em diferentes contextos populacionais [2]. Quando prescritas com base em parâmetros fisiológicos individuais, como limiares ventilatórios e velocidade associada ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, por exemplo, o treinamento aeróbio promove adaptações centrais e periféricas que resultam em aumentos significativos da aptidão cardiorrespiratória [13]. Considerando que a aptidão cardiorrespiratória é um dos mais fortes preditores independentes de morbimortalidade cardiovascular, intervenções voltadas à sua otimização possuem elevada relevância clínica e preventiva [14].

No âmbito do fortalecimento muscular, os exercícios de Pilates consolidaram-se nas últimas décadas como uma modalidade amplamente utilizada tanto na reabilitação [15] quanto no condicionamento físico, inclusive de atletas [16]. Caracterizado por ênfase na estabilização lombo-pélvica, controle neuromuscular, coordenação intermuscular e alinhamento postural, a técnica também incorpora exercícios de mobilidade e flexibilidade [17]. Embora suas adaptações primárias estejam relacionadas ao sistema musculoesquelético, particularmente força, resistência muscular e flexibilidade [18], evidências emergentes provenientes de revisões sistemáticas com metanálise sugerem que em indivíduos destreinados, o Pilates pode também promover melhorias na aptidão cardiorrespiratória [19, 20].

Ademais, apesar do reconhecimento de que a combinação de estímulos aeróbios e de força possa produzir adaptações complementares, os efeitos isolados e combinados do Pilates e do treinamento aeróbio sobre múltiplos componentes da aptidão física em adultos jovens saudáveis permanecem pouco esclarecidos. Um estudo prévio demonstrou que o Pilates pode ser superior ao treinamento aeróbio na melhora de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, força e flexibilidade em adultos com

sobrepeso/obesidade [21], enquanto outro observou que a combinação entre Pilates e treino aeróbio promoveu maiores ganhos no $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ quando comparados ao treinamento aeróbio isolado [22]. Contudo, ainda não está estabelecido se esses efeitos refletem respostas aditivas, sinérgicas ou simplesmente específicas ao tipo de estímulo.

Essa distinção possui implicações práticas relevantes para a prescrição do exercício, especialmente em contextos nos quais o tempo disponível para treinamento é limitado e a otimização simultânea de múltiplos desfechos constitui prioridade. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo primário investigar os efeitos isolados e combinados do Pilates e do treinamento aeróbio sobre a aptidão cardiorrespiratória em mulheres adultas jovens destreinadas. Como objetivo secundário, objetivou-se observar também os efeitos sobre desfechos musculoesqueléticos, como flexibilidade, força e potência muscular. A hipótese principal foi que o treinamento aeróbio promoveria maiores ganhos na aptidão cardiorrespiratória, o Pilates resultaria em maiores adaptações musculoesqueléticas, e a intervenção combinada produziria benefícios concomitantes nos diferentes domínios da aptidão física.

2. MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido como um ensaio clínico randomizado, simples-cego (avaliadores de desfecho), com quatro grupos paralelos e alocação 1:1:1:1. O protocolo foi previamente registrado em ClinicalTrials.gov (NCT07107113), e nenhuma modificação metodológica ou analítica foi realizada após o registro. O relato seguiu as diretrizes da declaração CONSORT 2025 [23].

2.1. Participantes

As participantes foram recrutadas na comunidade por meio de anúncios em redes sociais, aplicativos de mensagens, cartazes e convites em locais públicos na cidade de Jacarezinho, Paraná, Brasil.

Os critérios de inclusão foram: a) mulheres entre 18 e 40 anos; b) ausência de prática regular de exercícios nos últimos seis meses; c) concordância em não iniciar outro programa de exercícios durante o estudo; d) apta para o exercício conforme o Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q); e) ausência de disfunções musculoesqueléticas ou neurológicas que pudessem limitar o desempenho físico; f) ausência de doenças cardiovasculares ou respiratórias

diagnosticadas; g) ausência de comprometimento cognitivo; h) não ser tabagista; i) não estar gestante; j) não estar seguindo intervenção nutricional estruturada.

Todas as participantes assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Norte do Paraná (CAAE 78737224.2.0000.8123).

O tamanho amostral foi estimado para detectar diferenças na variável primária ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$) entre um grupo de intervenção e o grupo controle, assumindo comparação entre grupos independentes. O cálculo foi realizado utilizando dados prévios [24], que demonstraram média pós-intervenção de $24 \pm 5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ no grupo Pilates e $20 \pm 3 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ no grupo controle. Considerando poder estatístico de 80% e alfa de 5%, estimou-se a necessidade de 17 participantes por grupo. Após acréscimo de 15% para possíveis perdas, definiu-se 20 participantes por grupo, totalizando 80 mulheres no total.

2.2. Randomização

A randomização foi conduzida por um pesquisador cego, que não fazia parte da equipe do estudo. Os números foram gerados pelo software *on line* GraphPad (<https://www.graphpad.com/quickcalcs/randomize1/>), que randomiza um número definido de participantes entre um número definido de intervalos de tratamento. Isso permite que cada tratamento receba o mesmo número de participantes. A alocação foi realizada por meio de envelopes opacos, sequencialmente numerados e selados. Após as avaliações basais, as participantes receberam os envelopes em ordem sequencial. A sequência permaneceu oculta para participantes e equipe de intervenção até a atribuição do grupo. Apenas os avaliadores de desfecho permaneceram cegos ao longo do estudo.

2.3. Avaliações

As avaliações para o desfecho primário (aptidão cardiorrespiratória) e secundários (força muscular isocinética, salto vertical e flexibilidade) foram realizadas pré e pós-12 semanas de intervenção. Todas as avaliações ocorreram no laboratório de Biodinâmica do Movimento Humano da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil, por dois avaliadores experientes e cegos em relação a atribuição das participantes em cada grupo. Cada exame foi realizado seguindo os procedimentos operacionais recomendados pelo fabricante do instrumento. Os testes foram executados em dois dias e na seguinte ordem: 1º dia – salto vertical, flexibilidade, força muscular isocinética dos flexores e extensores do joelho e flexores e extensores do

cotovelo; 2º dia – força muscular isocinética dos flexores e extensores do tronco e aptidão cardiorrespiratória. A ordem dos testes foi mantida constante para todas as participantes a fim de garantir padronização dos procedimentos.

2.3.1. Aptidão cardiorrespiratória

Para avaliação da aptidão cardiorrespiratória ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) foi utilizado um teste incremental máximo numa esteira ergométrica Super ATL (Inbramed, Brasil), adaptado do modelo proposto por Conconi [25]. Após quatro minutos de aquecimento com velocidade inicial de 4 Km/h houve incrementos de 1 Km/h a cada dois minutos até a exaustão voluntária, com a inclinação da esteira sempre mantida em 1%. As participantes foram verbalmente encorajadas a continuar a se exercitar até o ponto de exaustão voluntária ou até que fossem atingidos dois dos seguintes critérios: 1) platô no $\dot{V}\text{O}_2$ (mudança $< 150 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ após aumento da intensidade); 2) Razão de Troca Respiratória (RER) $\geq 1,10$; 3) frequência cardíaca dentro de 10 batimentos $\cdot\text{min}^{-1}$ da máxima prevista para idade; 4) Percepção subjetiva de esforço (PSE) > 18 (Borg-CR20).

Durante todo o teste, o consumo de oxigênio ($\dot{V}\text{O}_2$), a produção de dióxido de carbono ($\dot{V}\text{CO}_2$) e a ventilação pulmonar foram medidos a respiração utilizando um analisador de gases portátil K5 (COSMED, Rome, Italy). Um sensor de frequência cardíaca Garmin (HRM-dual Garmin, Olathe, Kansas, EUA) foi utilizado para registro contínuo da frequência cardíaca. Antes de cada teste, o sistema K5 foi calibrado usando ar ambiente (21% O_2 e 0,03% CO_2) e uma mistura de gases certificada (16% O_2 e 5% CO_2 ; Scott Medical Products, Plumsteadville, PA). Além disso, o medidor de fluxo de turbina foi calibrado com uma seringa de 3 L. Os valores dos limiares ventilatórios foram determinados pelo método do equivalente ventilatório [26], por dois avaliadores independentes com auxílio do software OmniWin (versão 2.4.2), com divergências resolvidas por consenso.

2.3.2. Força muscular isocinética

Para avaliar a força muscular dos extensores e flexores do joelho, extensores e flexores do cotovelo e flexores e extensores do tronco, foi utilizado um dinamômetro isocinético (Biodex System 4.0, Shirley, NY, USA). O equipamento foi previamente calibrado antecedendo o teste conforme as normas do fabricante. Precedendo cada teste, as participantes realizaram 3 séries de 5–10 repetições como aquecimento no próprio equipamento, numa velocidade angular de $300^\circ\cdot\text{s}^{-1}$. Na sequência, para todas as articulações testadas, foram realizados movimentos de

extensão e flexão (concêntrico/concêntrico) em 3 séries de 5 repetições numa velocidade angular de $60^{\circ}\cdot s^{-1}$, com um minuto de intervalo entre cada série. Cintos foram afixados ao tronco, pelve e coxa para evitar movimentos compensatórios. Para cada articulação testada, as participantes foram instruídas a realizarem a máxima força de contração voluntária dos músculos extensores, seguida imediatamente pela máxima contração dos músculos flexores, continuamente. Durante a execução do teste, a palavra de encorajamento “mais força” foi utilizada sucessivamente de forma padronizada. A variável considerada para fins de análise foi o pico de torque isocinético, expresso em newtons por metro ($N\cdot m$) [27].

Para os extensores e flexores do joelho, o eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur do membro inferior direito, com os joelhos à 90° de flexão. O local da aplicação da força foi posicionado aproximadamente a dois centímetros do maléolo medial. A amplitude de movimento foi definida em 90° . Para os extensores e flexores do cotovelo, o eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado com o eixo da articulação do cotovelo do membro superior direito, com a articulação em 90° de flexão. O membro avaliado estava em supinação de antebraço, com a mão segurando a alça do dinamômetro. A amplitude de movimento foi definida em 80° . Para avaliação dos flexores e extensores do tronco o eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado com a espinha íliaca anterossuperior, com os joelhos e quadril em 90° de flexão (posição sentada). A amplitude de movimento foi definida em 60° .

2.3.3. Salto vertical

O salto vertical contramovimento foi avaliado sobre uma plataforma de força BIOMECH400 (EMG System, Brasil). Os sinais de força de reação do solo foram coletados em uma amostragem de 1000 Hz e convertidos por meio de uma análise de rotina do MatLab, incorporado no próprio software da plataforma (The Mathworks, Natick, MA), que calculou as seguintes variáveis: altura do salto (cm), pico de força (N) e pico de potência (W). Antecedendo ao teste, foi realizado um aquecimento de 5 minutos, consistindo em alongamentos dinâmicos (rotação de tronco, flexão e extensão de quadril, e rotação interna e externa de quadril – 10 repetições de cada movimento) e cinco tentativas de saltos submáximos, utilizados também como forma de familiarização com o CMJ. Quando o avaliador percebeu que as participantes estavam seguras quanto a execução do movimento e não possuíam mais dúvidas, foram realizados três saltos máximos, com intervalos de um minuto entre as tentativas. As mãos estiveram apoiadas na cintura durante todo teste e as participantes utilizavam seus calçados

usuais (tênis). Para fins de análise, foi considerado apenas o maior valor alcançado para cada variável [28].

2.3.4. Flexibilidade

A flexibilidade foi avaliada utilizando um flexímetro (Instituto Code Research, São Paulo, Brasil) para os movimentos de flexão e extensão do tronco, expressos em graus (°). As participantes ficaram em posição ereta, mantendo sempre os joelhos esticados, braços flexionados e mãos apoiadas na nuca. O flexímetro foi posicionado lateralmente na região torácica, com o visor voltado para o avaliador, no lado direito do tronco. O avaliador zerou o flexímetro e colocou as mãos sobre os joelhos da participante para impedir que eles se dobrassem durante o movimento. Em seguida, a participante executou uma flexão máxima do tronco, mantendo essa posição por alguns segundos para que o avaliador pudesse realizar a leitura da amplitude de movimento. Para avaliar a flexibilidade dos extensores do tronco os procedimentos foram os mesmos, porém, a participante executou uma extensão máxima do tronco. As participantes realizaram três tentativas para cada teste, com o melhor valor utilizado para fins de análise [29].

2.4. Intervenções

As intervenções foram realizadas durante 12 semanas, três vezes por semana (total de 36 sessões), com duração de 60 minutos por sessão. As sessões foram conduzidas por profissionais certificados em Pilates (dois profissionais) e por profissionais previamente treinados para aplicar os protocolos de treinamento aeróbio (três profissionais).

Os grupos Pilates e aeróbio realizaram sessões de 60 minutos exclusivamente dedicados às respectivas modalidades. O grupo combinado realizou 30 minutos de Pilates seguidos de 30 minutos de treinamento aeróbio, totalizando 60 minutos.

As participantes do grupo controle foram orientadas a manter suas rotinas habituais. Todas as participantes foram instruídas a manter seus hábitos alimentares e níveis habituais de atividade física durante o período do estudo.

2.4.1. Treinamento de Pilates

O protocolo de Pilates incluiu 13 exercícios no total, sendo dois exercícios de alongamento (cadeias anterior e posterior) e 11 exercícios de fortalecimento envolvendo

extensores e flexores do tronco, membros inferiores e membros superiores, com ênfase nos grandes grupamentos musculares.

O treinamento contemplou exercícios de solo (mat) e em equipamentos (Ladder Barrel, Cadillac, Step Chair, Reformer, Springboard e Small Barrel) (Kauffer Pilates Equipamentos, Brasil). Foram adotados dois protocolos progressivos: protocolo 1 (semanas 1–6) e protocolo 2 (semanas 7–12). A descrição completa da sequência dos exercícios, acompanhada de imagens, está disponível como material suplementar.

Para garantir equivalência dos exercícios entre os dois grupos que realizaram Pilates, o grupo que executou Pilates isolado fez 2 séries x 10 repetições por exercício, enquanto o grupo combinado realizou 1 série x 10 repetições. O intervalo entre séries e exercícios foi de 30 segundos para ambos os grupos.

A progressão da carga foi monitorada por meio da regra dois-por-dois. Desta forma, o aumento da carga foi realizado quando a participante executava ≥ 2 repetições acima da sua meta (10 repetições) na última série, em duas sessões consecutivas [30]. A intensidade do esforço foi controlada pela escala OMNI-RES [31], com percepção subjetiva de esforço em nível 8, correspondente a aproximadamente duas repetições em reserva (≈ 2 RIR).

Nos exercícios de mat Pilates, a progressão ocorreu por meio de ajustes posturais e modificações no posicionamento corporal que aumentavam a dificuldade mecânica. Nos exercícios em equipamentos, a progressão foi realizada por meio do acréscimo de molas e ajustes posturais.

2.4.2. Treinamento aeróbio

O treinamento aeróbio consistiu em caminhada/corrída em esteira ergométrica Movement LX160i (Movement, São Paulo, Brasil), utilizando o método intervalado extensivo. A prescrição da intensidade e a periodização do treinamento foram baseadas em três parâmetros: velocidade associada ao $\dot{V}O_2\text{máx}$ ($v\dot{V}O_2\text{máx}$); velocidade correspondente ao segundo limiar ventilatório (vLV_2) [32]; e velocidade correspondente a 50% da diferença entre $v\dot{V}O_2\text{máx}$ e vLV_2 ($v50\%\Delta$) [33]. Esses parâmetros foram obtidos por meio de teste incremental máximo em esteira realizado previamente ao início das intervenções.

Durante as 12 semanas, dois protocolos foram adotados:

- 1) Semanas 1–6 (intensidade de trabalho na vLV_2) [32]: Foi realizado previamente um teste de tempo limite (t_{lim}) na vLV_2 . Durante as sessões, a duração da fase de trabalho correspondeu a 50% do t_{lim} obtido, com recuperação ativa a 40% da

$\dot{V}O_2$ máx. A densidade do treinamento (razão entre trabalho e recuperação) foi ajustada a cada duas semanas: Semanas 1–2: densidade = 1,0; Semanas 3–4: densidade = 1,5; Semanas 5–6: densidade = 2,0.

- 2) Semanas 7–12 (intensidade de trabalho na $v50\%\Delta$) [33]: Foi realizado previamente um teste de tempo limite na $v50\%\Delta$. Posteriormente, a duração da fase de trabalho correspondeu a 50% do tlim obtido, com recuperação ativa a 40% da $\dot{V}O_2$ máx. A densidade foi ajustada da seguinte forma: Semanas 7–8: densidade = 2,0; Semanas 9–10: densidade = 2,5; Semanas 11–12: densidade = 3,0.

Cada sessão foi composta por: aquecimento a 50% da $\dot{V}O_2$ máx; parte principal, composta por séries de trabalho ($vLV2$ no protocolo 1 ou $v50\%\Delta$ no protocolo 2) intercaladas com recuperação ativa a 40% da $\dot{V}O_2$ máx; desaquecimento (cooldown) a 40% da $\dot{V}O_2$ máx.

A inclinação da esteira foi mantida constante em 1% durante todo o período de intervenção. No grupo combinado, o tempo destinado ao aquecimento, à parte principal e ao desaquecimento foi reduzido à metade do volume aplicado ao grupo exclusivamente aeróbio, assim como o número de séries de trabalho e recuperação.

2.5. Percepção de esforço da sessão

Para o monitoramento longitudinal da carga interna de treinamento, foi registrada a percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE da sessão; escala 0–10) nos três grupos de intervenção, 15 minutos após o término de cada sessão de exercício [34]. No grupo que realizou treinamento combinado, a PSE da sessão referiu-se à sessão completa, contemplando as duas modalidades (Pilates e treinamento aeróbio).

2.6. Eventos adversos

Antes do início de cada sessão, as participantes foram questionadas sobre a ocorrência de eventos adversos desde a sessão anterior. Imediatamente após o término da sessão, foram novamente questionadas sobre possíveis eventos adversos ocorridos durante a sessão de exercício. Para o grupo controle, foi realizado contato telefônico semanal com o objetivo de registrar eventuais eventos adversos ocorridos ao longo da semana. Os eventos adversos foram posteriormente categorizados de acordo com sua natureza e frequência de ocorrência nos quatro grupos do estudo.

2.7. Análise estatística

Os dados foram definidos e analisados de acordo com um plano de análise estatística previamente estabelecido. Não houve análise interina nem critérios pré-especificados para interrupção do estudo. As variáveis contínuas foram expressas como média e desvio-padrão, enquanto os eventos adversos foram apresentados como frequência absoluta e relativa (%). A normalidade da distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro–Wilk.

Para verificar possíveis diferenças basais entre os quatro grupos, foi utilizada análise de variância unidirecional (one-way ANOVA) para variáveis com distribuição normal. Para variáveis não paramétricas, foi empregado o teste de Kruskal–Wallis. Esses mesmos testes foram utilizados para comparar as ausências nas intervenções e a percepção subjetiva de esforço (PSE) entre os grupos. A comparação da frequência de eventos adversos foi realizada por meio do teste χ^2 de Pearson.

Para as comparações intergrupos pós-intervenção, foi utilizada análise de covariância (ANCOVA), considerando o valor pós-intervenção como variável dependente e o respectivo valor pré-intervenção como covariável. A homogeneidade das variâncias foi verificada pelo teste de Levene. Para variáveis que não atenderam aos pressupostos paramétricos, as diferenças entre grupos foram analisadas pelo teste de Kruskal–Wallis. Quando apropriado, foram realizados testes post hoc com ajuste de Bonferroni (para dados paramétricos) ou Dunn-Bonferroni (para dados não paramétricos). Os tamanhos de efeito foram calculados utilizando o *d* de Cohen. A magnitude foi interpretada como trivial (0,00–0,19), pequena (0,20–0,49), moderada (0,50–0,79) ou grande ($\geq 0,80$) [35].

As análises seguiram o princípio de intenção de tratar (intention-to-treat, ITT). Para dados pós-intervenção ausentes, foi utilizada imputação múltipla [36]. O algoritmo missForest foi empregado, com 500 árvores e máximo de 30 iterações, estimando os valores ausentes a partir das correlações entre as variáveis incluídas no modelo.

O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. As imputações múltiplas foram realizadas no software Jamovi (versão 2.6.44; The jamovi project). Os cálculos de tamanho de efeito foram conduzidos no G*Power (versão 3.1; Franz Faul, Universität Kiel, Alemanha). As demais análises foram realizadas no SPSS (versão 25.0; IBM Corp., Chicago, IL, EUA).

3. RESULTADOS

3.1. Fluxo das participantes e adesão as intervenções

A Figura 1 apresenta o fluxo das participantes ao longo do estudo. Inicialmente, 421 mulheres foram entrevistadas para elegibilidade. Destas, 341 foram excluídas, principalmente por não atenderem aos critérios de inclusão. Assim, 80 participantes foram randomizadas nos quatro grupos de alocação ($n = 20$ por grupo). Durante o período de intervenção, oito participantes descontinuaram as sessões, porém, compareceram às avaliações finais. Outras 12 participantes (15% da amostra total) descontinuaram as intervenções e não realizaram as avaliações pós-intervenção. As principais razões para desistência foram dificuldades logísticas (horários de trabalho/estudo e mudança de endereço). Eventos adversos também contribuíram para a descontinuidade, especialmente no grupo de treinamento aeróbio. Considerando as 36 sessões previstas, a média ($\pm$ DP) de ausências entre as participantes que concluíram as intervenções foi: Pilates: $9,1 \pm 5,5$ sessões; Aeróbio: $13,5 \pm 5,0$ sessões; Combinado: $12,7 \pm 6,7$ sessões; $p = 0,143$).

3.2. Características basais das participantes

As características basais foram semelhantes entre os grupos (Tabela 1). Não houve diferenças estatisticamente significativas nas variáveis demográficas, antropométricas, aptidão cardiorrespiratória, pico de torque isocinético (joelho, cotovelo e tronco), parâmetros do salto vertical com contramovimento (altura, pico de força e pico de potência) e flexibilidade (ângulos de flexão e extensão do tronco) ($p > 0,05$ para todas as comparações).

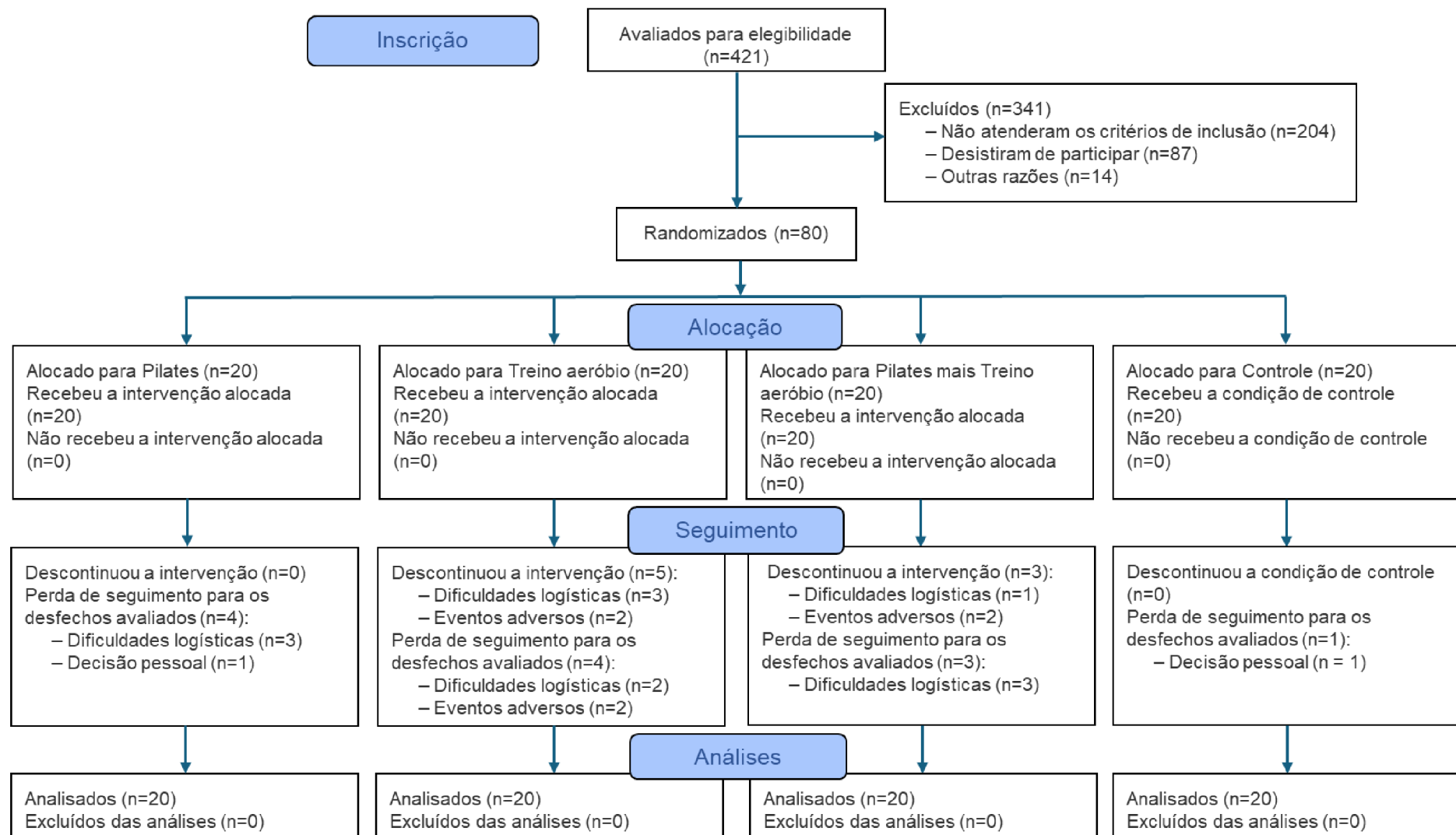


Figura 1. Fluxograma CONSORT 2025.

Tabela 1. Características basais das participantes por grupo.

Variáveis	Pilates (n = 20)	Aeróbio (n = 20)	Combinado (n = 20)	Controle (n = 20)	P
Características demográficas e antropométricas					
Idade (anos)	27,6 (6,6)	25,3 (6,0)	27,0 (6,6)	27,0 (5,3)	0,661
Massa corporal (kg)	68,2 (11,0)	66,2 (12,6)	66,6 (11,9)	69,1 (9,1)	0,823
Estatura (cm)	164,0 (5,0)	163,9 (6,4)	163,5 (3,9)	163,0 (4,0)	0,966
IMC (kg·m ⁻²)	25,5 (4,5)	24,5 (4,0)	24,9 (4,6)	26,0 (3,6)	0,689
Aptidão cardiorrespiratória					
$\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	29,5 (2,6)	30,9 (4,6)	29,8 (4,9)	30,8 (3,7)	0,630
Pico de torque isocinético					
Extensores joelho (N·m)	136,8 (21,5)	132,3 (24,1)	129,0 (24,1)	137,1 (23,7)	0,657
Flexores do joelho (N·m)	70,8 (12,0)	68,7 (14,9)	66,9 (13,5)	70,0 (12,2)	0,709
Extensores do cotovelo (N·m)	27,3 (5,0)	27,7 (5,0)	26,1 (5,7)	27,7 (5,9)	0,746
Flexores do cotovelo (N·m)	26,7 (5,0)	25,8 (5,5)	25,7 (4,9)	26,9 (7,0)	0,898
Extensores do tronco (N·m)	172,4 (44,7)	189,6 (45,1)	161,7 (47,5)	165,9 (51,4)	0,348
Flexores do tronco (N·m)	112,9 (18,3)	112,6 (21,4)	111,9 (26,3)	106,8 (19,8)	0,789
Salto vertical contramovimento					
Altura do salto (cm)	15,7 (3,7)	15,8 (2,3)	16,5 (4,9)	14,7 (3,7)	0,635
Pico de Força (N)	1403,4 (228,8)	1270,3 (244,7)	1375,5 (274,5)	1303,1 (170,7)	0,245
Pico de potência (W)	2196,9 (374,3)	2086,9 (401,2)	2186,1 (455,3)	2113,7 (373,9)	0,782
Flexibilidade					
Tronco em extensão (°)	34,0 (10,9)	40,0 (12,8)	40,7 (12,8)	35,3 (8,5)	0,154
Tronco em flexão (°)	101,7 (14,8)	112,5 (15,0)	110,8 (21,0)	108,8 (11,4)	0,166

Dados expressos como média (desvio padrão). IMC: índice de massa corporal. Grupo combinado corresponde à intervenção Pilates mais treinamento aeróbio. Comparação entre os grupos pelos testes Anova one way ou Kruskal-Wallis, conforme a normalidade dos dados.

3.3. Resultados dos desfechos na pós-intervenção

Após 12 semanas, observaram-se diferenças intergrupos na aptidão cardiorrespiratória, força muscular, desempenho no salto vertical e flexibilidade (Tabela 2). Na aptidão cardiorrespiratória, todas as intervenções (Pilates: $d = 1,62$; aeróbio: $d = 1,52$; combinado: $d = 2,22$) superaram o controle, com grandes tamanhos de efeito. Quanto à força muscular, valores superiores para flexores do joelho foram observados nos grupos Pilates ($d = 0,44$) e combinado ($d = 0,39$) em comparação ao aeróbio (efeitos pequenos). Adicionalmente, o Pilates foi superior ao aeróbio nos extensores do cotovelo ($d = 0,78$; efeito moderado) e extensores do tronco ($d = 1,08$; efeito grande).

No salto com contramovimento, o Pilates apresentou desempenho superior ao aeróbio e ao controle na altura do salto ($d = 1,09$ e $0,88$) e no pico de potência ($d = 1,29$ e $1,07$), com grandes efeitos. Na flexão de tronco, o Pilates também superou o controle ($d = 1,18$; efeito grande). Não foram identificadas diferenças significativas nas demais comparações. As análises pareadas completas encontram-se na Tabela Suplementar 1.

Tabela 2. Comparações entre os grupos após 12 semanas de intervenção.

Variáveis	Pilates (n = 20)		Aeróbio (n = 20)		Combinado (n = 20)		Controle (n = 20)		P
	Pós	Δ Pré-Pós	Pós	Δ Pré-Pós	Pós	Δ Pré-Pós	Pós	Δ Pré-Pós	
Aptidão cardiorrespiratória									
VO ₂ max (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	31,8 (5,2)	2,3 (3,9) ^a	32,6 (5,2)	1,7 (3,6) ^a	33,9 (5,9)	4,1 (3,7) ^a	27,6 (3,9)	-3,2 (2,8)	0,000
Pico de torque isocinético									
Extensores joelho (N·m)	135,8 (18,0)	-1,0 (16,5)	124,9 (19,3)	-7,4 (14,5)	128,9 (27,1)	-0,1 (16,6)	130,7 (24,4)	-6,4 (9,4)	0,259
Flexores do joelho (N·m)	76,2 (11,2)	5,4 (7,6) ^b	68,1 (24,5)	-0,6 (17,6)	71,7 (15,2)	4,8 (8,8) ^b	70,3 (10,8)	0,3 (8,2)	0,006
Extensores do cotovelo (N·m)	28,2 (5,4)	0,9 (3,7) ^b	25,6 (3,7)	-2,1 (4,0)	26,8 (5,7)	0,7 (2,9)	27,1 (4,8)	-0,6 (3,3)	0,035
Flexores do cotovelo (N·m)	28,6 (4,0)	1,9 (6,5)	26,7 (6,5)	0,9 (4,0)	26,1 (5,0)	0,4 (2,7)	26,1 (6,0)	-0,8 (4,7)	0,332
Extensores do tronco (N·m)	188,4 (41,9)	16,0 (26,8) ^b	172,6 (39,9)	-17,0 (34,0)	159,5 (48,9)	-2,2 (39,1)	158,3 (40,4)	-7,6 (30,8)	0,021
Flexores do tronco (N·m)	114,7 (16,6)	1,8 (16,9)	104,9 (16,3)	-7,7 (12,4)	108,9 (26,0)	-3,0 (19,1)	106,5 (22,8)	-0,3 (13,7)	0,227
Salto vertical contramovimento									
Altura do salto (cm)	18,4 (3,7)	2,7 (2,3) ^{a,b}	16,2 (2,6)	0,4 (1,9)	17,4 (3,1)	0,9 (4,1)	15,7 (3,9)	1,0 (1,5)	0,010
Pico de Força (N)	1452,4 (248,0)	49,0 (114,3)	1288,0 (207,3)	17,7 (90,9)	1392,6 (264,2)	17,1 (162,7)	1323,0 (198,7)	19,9 (101,2)	0,556
Pico de potência (W)	2384,3 (358,6)	187,4 (158,6) ^{a,b}	2098,2 (351,0)	11,3 (110,3)	2237,4 (463,2)	51,3 (242,7)	2149,6 (423,5)	35,9 (121,0)	0,003
Flexibilidade									
Tronco em extensão (°)	39,5 (7,4)	5,5 (9,6)	42,7 (10,2)	2,7 (8,4)	42,0 (14,2)	1,3 (5,8)	38,9 (8,4)	3,6 (7,5)	0,832
Tronco em flexão (°)	117,4 (9,8)	15,7 (17,4) ^a	116,9 (12,0)	4,4 (11,6)	116,4 (17,2)	5,6 (10,3)	107,6 (14,5)	-1,2 (10,4)	0,002

Dados expressos como média (desvio padrão). IMC: índice de massa corporal. Grupo combinado corresponde à intervenção Pilates mais treinamento aeróbio. Comparação entre os grupos pelos testes Ancova (valores pré-intervenção utilizados como covariáveis) ou Kruskal-Wallis (valores da diferença entre a pré e a pós-intervenção), conforme a normalidade dos dados. ^a significativamente diferente do grupo controle; ^b significativamente diferente do grupo Aeróbio.

3.4. Percepção de esforço da sessão

A percepção subjetiva de esforço (PSE, escala 0–10) foi semelhante entre os grupos (Figura 2). As médias ($\pm$ DP) foram $7,9 \pm 0,7$ (Pilates), $7,5 \pm 1,2$ (aeróbio) e $8,0 \pm 0,8$ (combinado), sem diferença estatisticamente significativa ($p = 0,139$).

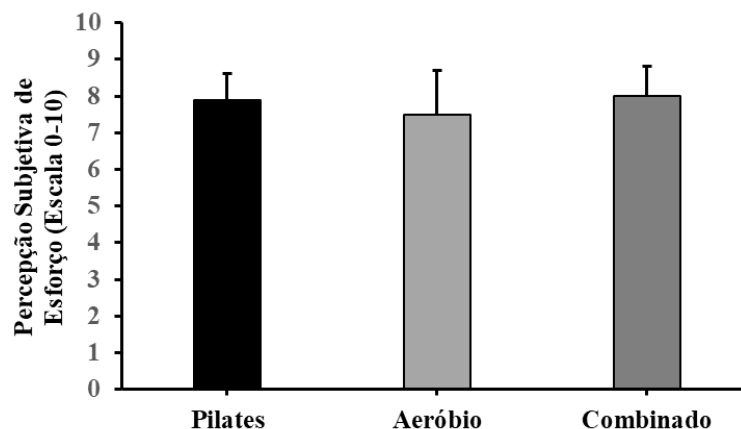


Figura 2. Percepção subjetiva de esforço (PSE, escala 0–10) relatada pelas participantes após as sessões de treinamento nos diferentes grupos de intervenção. Os dados estão expressos em média $\pm$ desvio padrão.

3.5. Eventos adversos

A Tabela 3 apresenta os eventos adversos ocorridos durante e fora das sessões. Durante as sessões, os eventos mais frequentes foram dores musculoesqueléticas localizadas (30–60% das participantes, a depender do grupo), sem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p > 0,05$ para todas as comparações).

Fora das sessões, lesões musculoesqueléticas no joelho ou tornozelo ocorreram exclusivamente no grupo aeróbio (25%) ($p = 0,001$), configurando-se como eventos adversos graves. Quatro desses casos resultaram em abandono da intervenção. A dor muscular tardia foi mais frequente no grupo Pilates (75%) em comparação ao aeróbio (25%) e combinado (35%) ($p = 0,003$).

Além disso, maior frequência de eventos fora das sessões foi observada no grupo controle ($p < 0,05$), especialmente para dor musculoesquelética localizada, sintomas neurológicos/vestibulares, fadiga ou mal-estar sistêmico e eventos infecciosos. O total de participantes com ≥ 1 evento adverso fora das sessões foi maior no grupo controle (95%), seguido por Pilates (75%), aeróbio (60%) e combinado (45%) ($p = 0,005$).

Tabela 3. Eventos adversos ocorridos dentro e fora das sessões de exercício, n (%).

Categoria	Pilates (n = 20)	Aeróbio (n = 20)	Combinado (n = 20)	Controle (n = 20)	P
Eventos adversos durante as sessões de exercício					
Dor musculoesquelética localizada	11 (55)	12 (60)	6 (30)	NA	0,126
Sintomas cardiorrespiratórios	3 (15)	3 (15)	2 (10)	NA	0,866
Sintomas neurológicos/vestibulares	5 (25)	3 (15)	0 (0)	NA	0,065
Sintomas gastrointestinais	0 (0)	2 (10)	1 (5)	NA	0,349
Total de participantes com ≥ 1 evento	11 (55)	13 (65)	8 (40)	NA	0,280
Eventos adversos fora das sessões de exercício					
Lesões musculoesqueléticas	0 (0)	5 (25)	0 (0)	0 (0)	0,001
Dor musculoesquelética localizada	3 (15)	8 (40)	4 (20)	13 (65)	0,003
Dor muscular tardia	15 (75)	5 (25)	7 (35)	NA	0,003
Sintomas neurológicos/vestibulares	4 (20)	1 (5)	0 (0)	11 (55)	0,000
Fadiga ou mal-estar sistêmico	0 (0)	0 (0)	1 (5)	6 (30)	0,001
Eventos infecciosos	3 (15)	1 (5)	0 (0)	8 (40)	0,002
Total de participantes com ≥ 1 evento	15 (75)	12 (60)	9 (45)	19 (95)	0,005

NA: não se aplica. Comparação entre os grupos pelo teste χ^2 de Pearson.

4. DISCUSSÃO

O presente ensaio clínico randomizado investigou os efeitos de 12 semanas de treinamento de Pilates, aeróbio e combinado sobre a aptidão cardiorrespiratória e musculoesquelética em mulheres adultas jovens destreinadas. Todas as intervenções melhoraram a aptidão cardiorrespiratória em comparação ao grupo controle. No entanto, os efeitos sobre força muscular, desempenho no salto vertical e flexibilidade diferiram entre as modalidades, com superioridade do Pilates. A percepção subjetiva de esforço foi semelhante entre os grupos, indicando carga interna comparável, enquanto o perfil de eventos adversos variou entre as intervenções. Cinco participantes do grupo aeróbio (25%) apresentaram lesões musculoesqueléticas em joelho ou tornozelo, ocorridas fora das sessões, mas classificáveis como graves.

4.1. Aptidão cardiorrespiratória

Em relação à aptidão cardiorrespiratória, os três grupos de intervenção apresentaram aumentos significativos no $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ quando comparados ao grupo controle, com grandes tamanhos de efeito. O treinamento aeróbio foi prescrito a partir de parâmetros fisiológicos individualizados, utilizando como referência valores obtidos por meio de análise direta do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, como o segundo limiar ventilatório, estratégia amplamente empregada para refinar o controle da intensidade do exercício. Evidências da literatura indicam que esse tipo de prescrição favorece maior precisão do estímulo cardiorrespiratório e está associado a adaptações tanto no transporte quanto na utilização do oxigênio, contribuindo para o aumento do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ [37]. Desta forma, os achados observados estão em consonância com estudos

prévios que demonstraram melhorias consistentes da aptidão cardiorrespiratória em adultos jovens submetidos ao treinamento aeróbio estruturado [38, 39].

Embora a eficácia tenha sido observada em todos os grupos ativos, sem diferenças significativas entre si, o grupo combinado apresentou o maior tamanho de efeito para o $\dot{V}O_2\text{máx}$ em comparação ao grupo controle ($d = 2,22$), seguido pelos grupos Pilates ($d = 1,62$) e aeróbio ($d = 1,52$). Esse padrão sugere um possível efeito adicional da combinação entre o treinamento aeróbio e o Pilates. Nesse contexto, é plausível que os ganhos observados no grupo combinado possam refletir não apenas adaptações tradicionalmente atribuídas ao treinamento aeróbio, mas também mecanismos relacionados à melhoria da eficiência neuromuscular, particularmente relevantes em indivíduos previamente destreinados [40, 41].

No que se refere ao Pilates, o aumento do $\dot{V}O_2\text{máx}$ observado no presente estudo é consistente com evidências recentes provenientes de revisões sistemáticas e meta-análises, que indicaram que essa modalidade pode promover melhorias significativas na aptidão cardiorrespiratória. Embora haja certa heterogeneidade metodológica entre os ensaios clínicos disponíveis, esses achados reforçam o potencial do Pilates como estímulo cardiorrespiratório em população adulta destreinada [19, 20].

Esses efeitos têm sido atribuídos ao envolvimento simultâneo de grandes grupos musculares e à execução contínua dos exercícios, fatores que podem gerar estímulos cardiorrespiratórios suficientes para induzir adaptações centrais e periféricas, especialmente em indivíduos sedentários ou com baixos níveis iniciais de aptidão cardiorrespiratória [19, 20, 42]. Ademais, no protocolo adotado pelo estudo atual, a utilização de intervalos curtos de recuperação (30 segundos) e a progressão da carga associada a elevados níveis de esforço percebido ($PSE \approx 8$ na escala de 0–10) podem ter aumentado a demanda metabólica das sessões, contribuindo, ao menos em parte, para os ganhos observados no $\dot{V}O_2\text{máx}$ [43].

Corroborando essa interpretação, um ensaio clínico conduzido com adultos com sobrepeso e obesidade insuficientemente ativos observou que o Pilates promoveu aumentos significativos no consumo de oxigênio em diferentes parâmetros fisiológicos, incluindo o limiar ventilatório, o ponto de compensação respiratória e o $\dot{V}O_2\text{máx}$, mesmo quando comparado a um treinamento aeróbio contínuo realizado com carga interna significativamente maior. Os autores sugeriram que, em indivíduos insuficientemente ativos e com baixa aptidão cardiorrespiratória inicial, limitações periféricas, como reduzida capacidade oxidativa muscular, podem explicar a eficácia do Pilates em induzir adaptações cardiorrespiratórias relevantes, mesmo na ausência de estímulos aeróbios tradicionais de maior intensidade [21].

Em conjunto, esses achados reforçam a hipótese de que intervenções que não priorizam exclusivamente o estímulo aeróbio clássico, como é o caso do Pilates, podem promover adaptações cardiorrespiratórias relevantes, especialmente em indivíduos destreinados, uma vez estabelecido um protocolo que favoreça tais adaptações [43].

4.2. Força muscular isocinética

No que diz respeito à força muscular, o grupo Pilates demonstrou superioridade em variáveis específicas, particularmente no pico de torque dos flexores do joelho, extensores do cotovelo e extensores do tronco, quando comparado ao treinamento aeróbio. O grupo combinado também apresentou valores superiores ao grupo aeróbio para o pico de torque dos flexores do joelho. Esses achados estão alinhados com evidências que indicam a eficácia do Pilates no desenvolvimento da força muscular, especialmente em músculos estabilizadores do tronco e na musculatura periférica envolvida no controle do movimento [44, 45]. Evidências adicionais provenientes de uma revisão integrativa também apontaram ganhos consistentes de força muscular para os diferentes grupos musculares associados ao Pilates em diferentes faixas etárias [46].

Por outro lado, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos para o pico de torque dos extensores do joelho, flexores do cotovelo e flexores do tronco. A ausência de diferenças nessas variáveis pode estar relacionada às características biomecânicas e neuromusculares dos exercícios empregados no protocolo de Pilates. De modo geral, essa modalidade tende a enfatizar padrões de movimento voltados à estabilização lombo-pélvica, ao controle do tronco, frequentemente com predominância de ações em extensão, além de exigir ativação integrada de musculaturas sinergistas durante movimentos realizados em cadeia cinética fechada [17]. Nesse contexto, é possível que determinados grupos musculares tenham sido estimulados de forma mais direta ao longo da intervenção, enquanto outros tenham recebido estímulos relativamente menores, o que pode explicar a ausência de diferenças significativas em algumas variáveis de pico de torque entre os grupos.

Considerando a natureza do Pilates, o perfil da amostra avaliada e principalmente o tempo total de intervenção (12 semanas), é plausível que os ganhos de força identificados estejam predominantemente relacionados a adaptações neurais iniciais, mais do que alterações estruturais musculares, como hipertrofia [47]. Ademais, a utilização da dinamometria isocinética, por permitir uma avaliação precisa do torque sob condições controladas de

velocidade angular, pode ser particularmente sensível à detecção de melhorias associadas ao recrutamento e à coordenação neuromuscular [27].

Outro aspecto relevante diz respeito aos resultados do grupo combinado. Embora essa condição tenha incluído exercícios de Pilates, a duração destinada a essa modalidade foi de aproximadamente 30 minutos por sessão, metade do volume realizado no grupo Pilates isolado, resultando em séries únicas de cada exercício. Com isso, é possível que o menor tempo de exposição aos estímulos específicos de fortalecimento muscular tenham sido insuficientes para promover adaptações neuromusculares semelhantes às observadas no protocolo exclusivo de Pilates. Isso pode explicar o fato de o grupo combinado ter apresentado superioridade em apenas uma das variáveis analisadas. Já foi demonstrado, que o volume do treinamento de fortalecimento muscular pode impactar de maneira importante no ganho força, especialmente para pessoas destreinadas [48], como foi o caso do presente estudo.

Por fim, é importante destacar que as diferenças estatisticamente significativas foram observadas principalmente nas comparações entre os grupos de exercício, particularmente entre Pilates e aeróbio, e não em relação ao grupo controle inativo. Uma possível explicação para esse achado está relacionada ao princípio da especificidade do treinamento. O exercício aeróbio contínuo envolve predominantemente contrações submáximas repetitivas, direcionadas ao aprimoramento de adaptações metabólicas e cardiorrespiratórias, sem necessariamente fornecer estímulos mecânicos suficientes para promover melhorias na força muscular máxima. Dessa forma, na ausência de exercícios de fortalecimento muscular, a capacidade de produção de torque máximo tende a permanecer estável ou até mesmo apresentar pequenas reduções relativas. Esse mecanismo pode, ao menos em parte, explicar as reduções no pico de torque observadas em algumas variáveis no grupo submetido exclusivamente ao treinamento aeróbio [49].

4.3. Salto vertical contramovimento

Em relação às variáveis derivadas do salto vertical contramovimento, foram observadas diferenças significativas a favor do grupo que praticou exclusivamente o Pilates para a altura do salto e para o pico de potência, quando comparado aos grupos aeróbio e controle. Por outro lado, não foram identificadas diferenças significativas entre os grupos para o pico de força. Considerando que variáveis derivadas do salto vertical, especialmente a altura do salto, são frequentemente utilizadas como indicadores de desempenho neuromuscular e potência muscular em diferentes contextos esportivos, diversos estudos têm investigado os efeitos do

Pilates sobre essa capacidade física. Nesse sentido, ensaios clínicos conduzidos com atletas de diferentes modalidades, demonstraram que a inclusão de exercícios de Pilates como complemento ao treinamento convencional pode favorecer melhorias adicionais na performance do salto vertical [50-52].

Embora ainda sejam escassos os estudos que investigaram os efeitos do Pilates sobre o desempenho do salto vertical em indivíduos previamente destreinados, evidências recentes indicam que essa modalidade também pode promover melhorias significativas na altura do salto em mulheres adultas jovens sedentárias [18], corroborando os resultados do presente estudo.

A melhora observada na altura do salto e no pico de potência, na ausência de mudanças significativas no pico de força, pode estar relacionada ao fato de que o desempenho no salto vertical depende não apenas da força muscular máxima, mas também da capacidade de produzir força rapidamente, da coordenação intermuscular e da eficiência do ciclo alongamento-encurtamento [53]. Intervenções baseadas em controle neuromuscular e coordenação motora podem favorecer adaptações nesses componentes, resultando em melhorias na potência e no desempenho do salto, mesmo sem alterações substanciais na força máxima [54, 55].

Nesse contexto, o treinamento com exercícios de Pilates, ao enfatizar controle motor, estabilidade do tronco e execução precisa dos movimentos, pode contribuir para maior eficiência na transmissão de força durante tarefas explosivas. Além disso, é importante considerar, que o protocolo de Pilates utilizado no presente estudo incluiu exercícios de salto realizados no equipamento Reformer com o acessório Jumpboard. Esse tipo de exercício envolve ações rápidas de extensão dos membros inferiores e a utilização do ciclo alongamento-encurtamento, apresentando semelhanças biomecânicas com o salto vertical contramovimento e incorporando componentes típicos do treinamento pliométrico, que já se mostrou efetivo para melhora da performance no salto vertical, em especial quando as intervenções ocorrem por tempo superior a 10 semanas [56], como foi o caso do presente estudo.

Desta forma, com base no princípio da especificidade do treinamento, é plausível que a inclusão desse exercício, associada a outros voltados ao fortalecimento dos membros inferiores, tenham contribuído para as melhorias observadas na altura do salto e no pico de potência no grupo Pilates. Um aspecto adicional que merece consideração refere-se ao fato de o grupo combinado não ter apresentado diferenças estatisticamente significativas em relação aos demais grupos. Assim como ocorreu com as variáveis de pico de torque isocinético, esse resultado sugere que o menor volume de exercícios de Pilates no protocolo combinado pode não ter sido

suficiente para promover adaptações neuromusculares capazes de impactar de forma consistente no desempenho do salto vertical.

Adicionalmente, o treinamento aeróbio, por envolver predominantemente contrações submáximas e estímulos metabólicos, tende a promover adaptações cardiorrespiratórias, mas não necessariamente melhorias em tarefas que dependem da produção rápida de força e potência muscular [57]. Em síntese, o protocolo exclusivo de Pilates foi o mais eficiente para promover melhorias no desempenho do salto vertical quando comparado às demais intervenções.

4.4. Flexibilidade

No que se refere à flexibilidade, embora não tenha havido diferenças significativas entre as intervenções ativas, apenas o grupo Pilates apresentou ganhos significativamente maiores em relação ao grupo controle no movimento de flexão do tronco, com grande tamanho de efeito. Esse resultado está de acordo com revisões sistemáticas que apontam o Pilates como uma intervenção eficaz para a melhora da flexibilidade, particularmente da coluna vertebral e da cadeia muscular posterior [58, 59].

Estudos indicam que a combinação de alongamentos dinâmicos, controle respiratório e manutenção de posturas ativas características do Pilates contribuem para adaptações viscoelásticas e neuromusculares, favorecendo aumentos significativos da amplitude de movimento. Esses efeitos parecem estar relacionados à redução da rigidez músculo-tendínea, ao aumento da tolerância ao alongamento e a melhorias no controle neuromuscular e na coordenação intermuscular. Esses mecanismos são frequentemente apontados como determinantes das adaptações em flexibilidade, induzidas por programas de exercício que incluem alongamento ativo, como é o caso do Pilates [20, 59].

Por outro lado, para o movimento de flexibilidade do tronco em extensão, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos. Esse resultado pode estar relacionado às características do protocolo de Pilates utilizado, que possivelmente enfatizou em maior grau movimentos de flexão do tronco e alongamento da cadeia muscular posterior, com possível menor estímulo específico para os músculos e estruturas responsáveis pela extensão da coluna. Dessa forma, embora o protocolo de Pilates tenha incluído exercícios que envolvem extensão vertebral, a frequência, intensidade ou volume desses movimentos podem não ter sido suficientes para promover adaptações mensuráveis nesse padrão de movimento específico.

Em conjunto, esses achados sugerem que o Pilates pode ser particularmente eficaz para melhorar a flexibilidade associada à flexão do tronco, embora seus efeitos não tenham sido superiores aos de outras modalidades de exercício ativo avaliadas neste estudo. Adicionalmente, os resultados reforçam a importância da especificidade do estímulo de treinamento para a promoção de adaptações em diferentes planos de movimento e padrões articulares, como é o caso da flexibilidade do tronco em extensão. Poucos estudos enfatizam a análise da amplitude de movimento da região anterior do tronco [60], o que precisa ser melhor investigado em futuros ensaios clínicos envolvendo os exercícios de Pilates.

4.5. Implicações clínicas

Os achados deste estudo sugerem que as diferentes modalidades de exercício podem ser utilizadas de forma eficaz para melhorar a aptidão cardiorrespiratória em mulheres adultas jovens destreinadas, quando submetidas a cargas internas semelhantes. Nesse contexto, o Pilates se destaca como uma alternativa clinicamente relevante, especialmente quando o objetivo inclui, além da aptidão cardiorrespiratória, o desenvolvimento de componentes neuromusculares, como força muscular, potência e flexibilidade. Essa característica pode ser particularmente útil em cenários clínicos ou preventivos nos quais se busca uma abordagem mais abrangente da aptidão física, com potencial transferência para a funcionalidade e prevenção de disfunções musculoesqueléticas.

Por outro lado, os resultados relacionados aos eventos adversos indicam que a escolha da modalidade de exercício deve considerar não apenas a eficácia, mas também o perfil de segurança. A maior ocorrência de lesões musculoesqueléticas no grupo aeróbio, ainda que fora das sessões, sugere a necessidade de maior cautela na prescrição dessa modalidade para indivíduos destreinados, possivelmente envolvendo estratégias de progressão mais gradual e orientação quanto a atividades realizadas fora das sessões de exercício. Desta forma, a tomada de decisão clínica deve integrar os objetivos do treinamento, a tolerabilidade individual e o risco potencial de eventos adversos, reforçando a importância de uma prescrição individualizada e do acompanhamento profissional ao longo das intervenções.

4.6. Pontos fortes e limitações

Este estudo apresenta como pontos fortes o delineamento randomizado com grupo controle, a comparação direta entre diferentes modalidades de exercício e a avaliação

abrangente de desfechos, incluindo aptidão cardiorrespiratória, força muscular, desempenho neuromuscular, flexibilidade, carga interna e eventos adversos. Por outro lado, algumas limitações devem ser consideradas, como a taxa de desistência e a adesão variável entre os grupos, o que pode ter eventualmente influenciado os resultados, a inclusão exclusiva de mulheres jovens destreinadas, limitando a generalização dos achados, e o período de intervenção de 12 semanas, possivelmente insuficiente para adaptações estruturais mais robustas. Adicionalmente, o menor volume de Pilates no grupo combinado pode ter atenuado seus efeitos, e o uso isolado da percepção subjetiva de esforço restringe uma caracterização mais precisa da carga interna.

5. CONCLUSÃO

Em mulheres adultas jovens destreinadas, 12 semanas de treinamento de Pilates, aeróbio e combinado foram eficazes em melhorar a aptidão cardiorrespiratória, sem diferenças relevantes entre as intervenções, apesar de carga interna semelhante. No entanto, os efeitos sobre a aptidão musculoesquelética diferiram entre as modalidades, com o Pilates apresentando maior potencial para promover ganhos em força muscular, desempenho no salto vertical e flexibilidade. O treinamento combinado não demonstrou vantagens consistentes em relação ao Pilates isolado, possivelmente em função do menor volume de estímulo específico. Adicionalmente, observaram-se diferenças no perfil de eventos adversos, com maior ocorrência de lesões musculoesqueléticas graves no grupo aeróbio. Em conjunto, esses achados sugerem que o Pilates pode ser uma estratégia eficiente e potencialmente mais segura para promover adaptações físicas múltiplas em indivíduos destreinados, embora a escolha da modalidade deva considerar os objetivos individuais e o contexto de aplicação.

REFERÊNCIAS

1. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(7):1334-59.
2. Ozemek C, Bonikowske A, Christle J, Gallo P. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Lippincott Williams & Wilkins; 2025.

3. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*. 2020;54(24):1451-62.
4. Edwards JJ, Griffiths M, Deenmamode AHP, O'Driscoll JM. High-Intensity Interval Training and Cardiometabolic Health in the General Population: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Sports Med*. 2023;53(9):1753-63.
5. Rao P, Belanger MJ, Robbins JM. Exercise, Physical Activity, and Cardiometabolic Health: Insights into the Prevention and Treatment of Cardiometabolic Diseases. *Cardiol Rev*. 2022;30(4):167-78.
6. Weeldreyer NR, De Guzman JC, Paterson C, Allen JD, Gaesser GA, Angadi SS. Cardiorespiratory fitness, body mass index and mortality: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2025;59(5):339-46.
7. Singh B, Cadenas-Sanchez C, da Costa BGG, Castro-Piñero J, Chaput JP, Cuenca-García M, et al. Comparison of objectively measured and estimated cardiorespiratory fitness to predict all-cause and cardiovascular disease mortality in adults: A systematic review and meta-analysis of 42 studies representing 35 cohorts and 3.8 million observations. *J Sport Health Sci*. 2025;14:100986.
8. Marques DL, Neiva HP, Marinho DA, Marques MC. Manipulating the Resistance Training Volume in Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis of the Effects on Muscle Strength and Size, Muscle Quality, and Functional Capacity. *Sports Med*. 2023;53(2):503-18.
9. D'Onofrio G, Kirschner J, Prather H, Goldman D, Rozanski A. Musculoskeletal exercise: Its role in promoting health and longevity. *Prog Cardiovasc Dis*. 2023;77:25-36.
10. Brellenthin AG, Bennie JA, Lee DC. Aerobic or Muscle-Strengthening Physical Activity: Which Is Better for Health? *Curr Sports Med Rep*. 2022;21(8):272-9.
11. Li Z, Qi Y, Chen X, Li J, Zhang J, Li P, et al. Synergistic Effects of Concurrent Aerobic and Strength Training on Fitness in Children and Adolescents: A Multivariate and Network Meta-Analysis. *Scand J Med Sci Sports*. 2024;34(11):e14764.
12. Schumann M, Rønnestad BR. *Concurrent Aerobic and Strength Training: Scientific Basics and Practical Applications*: Springer; 2018.
13. Balci GA, As H, Ozkaya O, Colakoglu M. Development potentials of commonly used high-intensity training strategies on central and peripheral components of maximal oxygen consumption. *Respir Physiol Neurobiol*. 2022;302:103910.

14. Lang JJ, Prince SA, Merucci K, Cadenas-Sanchez C, Chaput JP, Fraser BJ, et al. Cardiorespiratory fitness is a strong and consistent predictor of morbidity and mortality among adults: an overview of meta-analyses representing over 20.9 million observations from 199 unique cohort studies. *Br J Sports Med.* 2024;58(10):556-66.
15. Byrnes K, Wu PJ, Whillier S. Is Pilates an effective rehabilitation tool? A systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2018;22(1):192-202.
16. Lademann A, Lademann R. Pilates and conditioning for athletes: an integrated approach to performance and recovery: Human Kinetics; 2019.
17. Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining Pilates exercise: a systematic review. *Complement Ther Med.* 2012;20(4):253-62.
18. Dos Reis AL, de Oliveira LC, de Oliveira RG. Effects of stretching in a pilates program on musculoskeletal fitness: a randomized clinical trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2024;16(1):11.
19. Pessôa RAG, de Oliveira LC, Vitor GBB, de Oliveira RG. Effects of Pilates exercises on cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. *Complement Ther Clin Pract.* 2023;52:101772.
20. Fernández-Rodríguez R, Álvarez-Bueno C, Ferri-Morales A, Torres-Costoso AI, Cavero-Redondo I, Martínez-Vizcaíno V. Pilates Method Improves Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2019;8(11).
21. Rayes ABR, de Lira CAB, Viana RB, Benedito-Silva AA, Vancini RL, Mascarín N, et al. The effects of Pilates vs. aerobic training on cardiorespiratory fitness, isokinetic muscular strength, body composition, and functional tasks outcomes for individuals who are overweight/obese: a clinical trial. *PeerJ.* 2019;7:e6022.
22. Finatto P, Silva ESD, Okamura AB, Almada BP, Storniolo JLL, Oliveira HB, et al. Pilates training improves 5-km run performance by changing metabolic cost and muscle activity in trained runners. *PLoS One.* 2018;13(3):e0194057.
23. Hopewell S, Chan AW, Collins GS, Hróbjartsson A, Moher D, Schulz KF, et al. CONSORT 2025 statement: updated guideline for reporting randomised trials. *Bmj.* 2025;389:e081123.
24. Martins FM, EG DAS, Souza MA, Vieira ER, RA DAS, Barbosa AC. Eight-week equipment-based Pilates exercises positively affects quality of life, and functional capacity in non-active adult women: a randomized controlled trial. *J Sports Med Phys Fitness.* 2021;61(3):435-43.

25. Conconi F, Grazzi G, Casoni I, Guglielmini C, Borsetto C, Ballarin E, et al. The Conconi test: methodology after 12 years of application. *Int J Sports Med.* 1996;17(7):509-19.
26. Caiozzo VJ, Davis JA, Ellis JF, Azus JL, Vandagriff R, Prietto CA, et al. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1982;53(5):1184-9.
27. Dvir Z. *Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications*: Taylor & Francis; 2025.
28. Bishop C, Jordan M, Torres-Ronda L, Loturco I, Harry J, Virgile A, et al. Selecting Metrics That Matter: Comparing the Use of the Countermovement Jump for Performance Profiling, Neuromuscular Fatigue Monitoring, and Injury Rehabilitation Testing. *Strength & Conditioning Journal.* 2023;45(5).
29. Oliveira LC, Oliveira RG, Pires-Oliveira DA. Comparison between static stretching and the Pilates method on the flexibility of older women. *J Bodyw Mov Ther.* 2016;20(4):800-6.
30. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Hornsby WG, Stone MH. Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting Training Intensity. *Sports Med.* 2021;51(10):2051-66.
31. Lagally KM, Robertson RJ. Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *J Strength Cond Res.* 2006;20(2):252-6.
32. Daniels J. *Daniels' running formula*: Human Kinetics; 2013.
33. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31(1):13-31.
34. Foster C, Boulosa D, McGuigan M, Fusco A, Cortis C, Arney BE, et al. 25 Years of Session Rating of Perceived Exertion: Historical Perspective and Development. *Int J Sports Physiol Perform.* 2021;16(5):612-21.
35. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed: Lawrence Erlbaum Associates; 1988. 567 p.
36. Heymans MW, Twisk JWR. Handling missing data in clinical research. *J Clin Epidemiol.* 2022;151:185-8.
37. Midgley AW, McNaughton LR, Jones AM. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Med.* 2007;37(10):857-80.

38. Crowley E, Powell C, Carson BP, W. Davies R. The Effect of Exercise Training Intensity on VO₂max in Healthy Adults: An Overview of Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Translational Sports Medicine*. 2022;2022(1):9310710.
39. Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO₂max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine*. 2015;45(10):1469-81.
40. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med*. 2006;36(3):189-98.
41. Joyner MJ, Coyle EF. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*. 2008;586(1):35-44.
42. Ozaki H, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Resistance training induced increase in VO₂max in young and older subjects. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2013;10(2):107-16.
43. Vitor GBB, de Oliveira LC, Pessôa RAG, Aguiar AF, de Oliveira RG. Metabolic intensity and energy cost of Pilates exercises: an exploratory systematic review and meta-analysis of limited and heterogeneous evidence. *Syst Rev*. 2026;15(1):42.
44. Kolyniak IEGG, Cavalcanti SMdB, Aoki MS. Avaliação isocinética da musculatura envolvida na flexão e extensão do tronco: efeito do método Pilates®. *Revista brasileira de medicina do Esporte*. 2004;10:487-90.
45. Li F, Omar Dev RD, Soh KG, Wang C, Yuan Y. Effects of Pilates on Body Posture: A Systematic Review. *Arch Rehabil Res Clin Transl*. 2024;6(3):100345.
46. Pires TL, Alves J. Efeitos do método pilates na flexibilidade e na força muscular de crianças, adultos e idosos: uma revisão integrativa. *Brazilian Journal of Health Review*. 2023;6(6):32131-45.
47. Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med*. 1979;58(3):115-30.
48. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res*. 2005;19(4):950-8.
49. Dudley GA, Fleck SJ. Strength and endurance training. Are they mutually exclusive? *Sports Med*. 1987;4(2):79-85.

50. Chouhan R, Misra A, Soni R, Joseph A, Umate R. Effectiveness of Plyometrics Along With Pilates Exercises in Increasing Vertical Jump Performance Among Basketball Players. *Cureus*. 2022;14(12):e32957.
51. Rahimi S, Norasteh AA, Mottaghtalab M. The effect of pilates training on knee functional tests in youth female volleyball player. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2025;17(1):206.
52. Yılmaz O, Kaplan T, Batalik L. Randomised controlled study on the effects of pilates exercises in soccer: Comparing mat and reformer methods on physical and technical performance. *PLoS One*. 2025;20(5):e0324129.
53. Xu J, Turner A, Comfort P, Harry JR, McMahon JJ, Chavda S, et al. A Systematic Review of the Different Calculation Methods for Measuring Jump Height During the Countermovement and Drop Jump Tests. *Sports Med*. 2023;53(5):1055-72.
54. Sánchez-Sixto A, Harrison AJ, Floría P. Larger Countermovement Increases the Jump Height of Countermovement Jump. *Sports (Basel)*. 2018;6(4).
55. Marshall BM, Moran KA. Biomechanical Factors Associated With Jump Height: A Comparison of Cross-Sectional and Pre-to-Posttraining Change Findings. *J Strength Cond Res*. 2015;29(12):3292-9.
56. Stojanović E, Ristić V, McMaster DT, Milanović Z. Effect of Plyometric Training on Vertical Jump Performance in Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2017;47(5):975-86.
57. Knuttgen HG. Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. *J Strength Cond Res*. 2007;21(3):973-8.
58. Vaz RA, Liberali R, da Cruz TMF, Netto MIA. The Pilates Method on improvement of flexibility--systematic review/O Metodo Pilates na melhora da flexibilidade--revisao sistematica. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. 2012;6(31):25-32.
59. Cruz-Ferreira A, Fernandes J, Laranjo L, Bernardo LM, Silva A. A Systematic Review of the Effects of Pilates Method of Exercise in Healthy People. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2011;92(12):2071-81.
60. Konrad A, Alizadeh S, Daneshjoo A, Anvar SH, Graham A, Zahiri A, et al. Chronic effects of stretching on range of motion with consideration of potential moderating variables: A systematic review with meta-analysis. *J Sport Health Sci*. 2024;13(2):186-94.

6. ARTIGO CIENTÍFICO 2

EFEITOS ISOLADOS E COMBINADOS DO PILATES E DO TREINAMENTO AERÓBIO NA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM ADULTOS JOVENS: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

Resumo

Introdução: O exercício físico é amplamente recomendado para melhora da composição corporal; no entanto, a magnitude dos efeitos pode variar conforme o tipo de intervenção e a combinação de modalidades. Estratégias que combinam exercícios aeróbios e neuromusculares têm sido propostas como potencialmente mais eficazes, embora evidências recentes sejam inconsistentes.

Objetivo: Comparar os efeitos do treinamento com Pilates, exercício aeróbio e a combinação de ambos sobre a composição corporal em mulheres jovens previamente destreinadas.

Métodos: Ensaio clínico randomizado, simples-cego, com quatro grupos paralelos: Pilates, aeróbio, combinado (Pilates + aeróbio) e controle (n = 20 por grupo). Oitenta mulheres (18–40 anos), participaram de intervenções supervisionadas durante 12 semanas (3 sessões/semana, 60 minutos/sessão). A composição corporal total e segmentada foi avaliada por densitometria por dupla energia de raios X (DXA). Eventos adversos e a percepção subjetiva de esforço foram monitorados ao longo do estudo.

Resultados: Após 12 semanas, o grupo Pilates apresentou maior aumento de massa magra total em comparação ao grupo aeróbio (d = 0,79). Para a massa magra de membros inferiores, o grupo Pilates foi superior aos grupos aeróbio e controle (d = 1,17 e 1,18, respectivamente), enquanto o grupo combinado apresentou valores superiores ao grupo aeróbio (d = 0,91). Não foram observadas diferenças entre os grupos para massa gorda (p > 0,05). A percepção de esforço foi semelhante entre os grupos de intervenção (p = 0,139). Eventos adversos graves ocorreram exclusivamente no grupo aeróbio (25%), relacionados a lesões musculoesqueléticas, levando à interrupção das intervenções em quatro participantes.

Conclusão: O treinamento com Pilates foi mais eficaz do que o exercício aeróbio para promover aumento da massa magra, especialmente em membros inferiores, sem diferenças entre as intervenções para a massa gorda. A combinação de modalidades não resultou em benefícios adicionais, possivelmente devido ao menor volume específico para cada estímulo.

Palavras-chave: percentual de gordura corporal; massa gorda; massa magra; massa muscular esquelética; exercício.

ISOLATED AND COMBINED EFFECTS OF PILATES AND AEROBIC TRAINING ON BODY COMPOSITION IN YOUNG ADULTS: A RANDOMIZED CLINICAL TRIAL

Abstract

Introduction: Physical exercise is widely recommended to improve body composition; however, the magnitude of its effects may vary depending on the type of intervention and the combination of modalities. Strategies combining aerobic and neuromuscular exercises have been proposed as potentially more effective, although recent evidence remains inconsistent.

Objective: To compare the effects of Pilates training, aerobic exercise, and their combination on body composition in previously untrained young women.

Methods: A single-blind randomized clinical trial with four parallel groups: Pilates, aerobic, combined (Pilates + aerobic), and control ($n = 20$ per group). Eighty women aged 18–40 years participated in supervised interventions for 12 weeks (3 sessions/week, 60 minutes/session). Total and segmental body composition were assessed using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). Adverse events and rating of perceived exertion were monitored throughout the study.

Results: After 12 weeks, the Pilates group showed a greater increase in total lean mass compared to the aerobic group ($d = 0.79$). For lower limb lean mass, the Pilates group was superior to both the aerobic and control groups ($d = 1.17$ and 1.18 , respectively), while the combined group showed higher values than the aerobic group ($d = 0.91$). No significant differences between groups were observed for fat mass ($p > 0.05$). Perceived exertion was similar among the intervention groups ($p = 0.139$). Serious adverse events occurred exclusively in the aerobic group (25%), related to musculoskeletal injuries, leading to intervention discontinuation in four participants.

Conclusion: Pilates training was more effective than aerobic exercise in promoting increases in lean mass, particularly in the lower limbs, with no differences between interventions for fat mass. The combination of modalities did not result in additional benefits, possibly due to reduced specific training volume for each stimulus.

Keywords: body fat percentage; fat mass; lean mass; skeletal muscle mass; exercise.

1. INTRODUÇÃO

A composição corporal, particularmente a proporção entre massa magra e massa gorda, é um importante determinante da saúde metabólica, funcional e cardiovascular em adultos jovens [1]. Alterações desfavoráveis nesses componentes, mesmo em fases precoces da vida adulta, estão associadas ao aumento do risco de doenças crônicas não transmissíveis, incluindo obesidade, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares [2, 3]. Nesse contexto, intervenções baseadas em exercício físico desempenham papel central tanto na prevenção quanto no manejo dessas condições [4].

O treinamento aeróbio é amplamente reconhecido por sua eficácia na redução da massa gorda e na melhora de parâmetros cardiorrespiratórios, sendo frequentemente recomendado em diretrizes internacionais para controle do peso corporal [5, 6]. Por outro lado, modalidades que envolvem estímulos de força e controle neuromuscular, embora também possam contribuir com a redução da massa gorda, são associadas principalmente à preservação ou ao aumento da massa magra, componente essencial para a manutenção da função física e do metabolismo basal [6, 7]. Entre essas modalidades, o Pilates tem ganhado destaque, sobretudo por sua abordagem integrada que combina força, estabilidade do core, flexibilidade e controle motor [8].

Apesar dessa plausibilidade fisiológica, a evidência disponível sobre os efeitos do Pilates na composição corporal permanece limitada e inconsistente. Uma metanálise envolvendo indivíduos com sobrepeso e obesidade demonstrou reduções significativas no peso corporal, índice de massa corporal e percentual de gordura, sem efeitos sobre a massa magra [9]. De forma mais restritiva, outra metanálise indicou que os exercícios de Pilates realizados no solo (mat Pilates) não promovem alterações significativas na massa gorda ou na massa magra [10]. Além disso, esses estudos apontam, de modo geral, baixa certeza da evidência, reforçando a necessidade de ensaios clínicos randomizados (ECRs) bem delineados nessa área.

Em relação ao treinamento aeróbio, evidências recentes indicam que, quando realizado isoladamente ou combinado ao treinamento de força, é mais eficaz para redução da massa gorda do que o treinamento de força isolado, embora sua aplicação isolada possa resultar em menor preservação da massa magra [11]. Nesse contexto, a combinação de diferentes modalidades tem sido proposta como uma estratégia potencialmente superior, por integrar estímulos metabólicos e neuromusculares distintos [11-13].

No entanto, estudos que investigam intervenções combinadas frequentemente apresentam limitações metodológicas relevantes, como ausência de grupos comparadores adequados, baixa precisão na mensuração da composição corporal e protocolos de treinamento

pouco padronizados [14]. Adicionalmente, a maioria das investigações concentra-se em desfechos globais, com menor atenção à distribuição regional da massa magra e da massa gorda, aspectos com implicações clínicas e funcionais distintas. A utilização de métodos de alta precisão, como a densitometria por dupla energia de raios X (DXA), permite uma avaliação mais detalhada dessas alterações, contribuindo para uma compreensão mais robusta dos efeitos das intervenções [15].

Diante dessas lacunas, o presente estudo teve como objetivo investigar, de forma controlada e comparativa, os efeitos isolados e combinados do Pilates e do treinamento aeróbio sobre a composição corporal total e segmentada em mulheres adultas jovens. Assim, hipotetizamos que o Pilates promoveria maiores aumentos de massa magra, enquanto o treinamento aeróbio poderia favorecer reduções na massa gorda, e que a combinação das modalidades poderia potencializar diferentes adaptações na composição corporal.

2. MÉTODOS

Trata-se de um ECR simples-cego (apenas para avaliadores). As participantes foram alocadas em quatro grupos paralelos: Pilates, aeróbio, combinado (Pilates mais aeróbio) e controle, na proporção 1:1. Detalhes inicialmente previstos para o delineamento metodológico podem ser acessados em clinicaltrials.gov (ID: NCT07107061). Não houve mudanças nos métodos e análise estatística pós-registro. As diretrizes CONSORT 2025 foram seguidas para relato deste estudo [16].

2.1. Participantes

As participantes foram recrutadas na cidade de Jacarezinho, estado do Paraná, Brasil, mediante anúncios em redes sociais, cartazes, convites feitos em locais públicos e por aplicativos de mensagens. Os critérios de inclusão foram: a) sexo feminino; b) idade entre 18 e 40 anos; c) não estar realizando exercícios nos últimos 6 meses; d) concordar em não realizar outro tipo de exercício durante o período do estudo; e) estar apta para prática de exercício de acordo com os critérios do Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q); f) não ter disfunções musculoesqueléticas ou neurológicas que pudesse afetar o desempenho no exercício; g) não ter doenças cardiovasculares ou respiratórias conhecidas; h) não ter comprometimento cognitivo que levasse à incapacidade de seguir comandos simples; i) não ser tabagista; j) não estar grávida; k) não estar sendo submetida a dietas específicas. Todas as participantes incluídas assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo

foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Estadual do Norte do Paraná (CAAE 78737224.2.0000.8123).

Para determinar o tamanho amostral foi considerado dados disponibilizados por um estudo anterior considerando nosso desfecho primário (massa gorda [%]) [17]. A média e desvio padrão da diferença entre a pré e a pós-intervenção no grupo Pilates ($-3,7 \pm 5,2$) e grupo controle ($0,6 \pm 3,9$) foi utilizada, com o poder do teste em 0,80 e valor alfa em 0,05, o que gerou a necessidade de 20 participantes em cada grupo, já acrescido em 30% para atender eventuais perdas amostrais. O presente estudo contou, portanto, com 80 participantes, que foram randomizadas em quatro grupos de igual tamanho.

2.2. Randomização

O processo de randomização foi realizado por um pesquisador cego, não pertencente a equipe do estudo. Os números aleatórios foram gerados por um software *on line* (<https://www.graphpad.com>), que randomizou o número total de participantes entre o número de grupos de intervenção, de forma que cada grupo fosse gerado com o mesmo número de participantes. O pesquisador selou os envelopes opacos numerados sequencialmente e entregou ao pesquisador principal. De acordo com a ordem de entrada no estudo e após concluir todas as avaliações pré-intervenção, as participantes receberam os envelopes na sequência pré-estipulada. Portanto, a sequência de alocação foi mantida oculta para toda equipe de pesquisa e participantes, até que as intervenções fossem atribuídas. Após a atribuição das intervenções, apenas os avaliadores de desfecho se mantiveram cegos.

2.3. Avaliações de composição corporal

As avaliações de composição corporal foram realizadas pré e pós-12 semanas de intervenção no laboratório de Biodinâmica do Movimento Humano da Universidade Estadual do Norte do Paraná. Um avaliador cego realizou as avaliações de composição corporal total e segmentada por densitometria de dupla energia de raios X (DXA), utilizando um aparelho Lunar Prodigy Advance (GE Healthcare, Madison, WI, EUA). O software enCORE (versão 18.0) foi utilizado para aquisição e análise dos dados. Antes do exame, as participantes foram instruídas a realizarem jejum de no mínimo quatro horas, incluindo água, não realizar atividade física intensa no dia do exame, esvaziar a bexiga, remover todos os objetos metálicos e vestir roupas leves sem adornos.

Os participantes foram posicionados em decúbito dorsal na mesa do DXA, com os braços estendidos e as palmas das mãos para baixo, e os pés posicionados de forma padronizada. Foram consideradas as seguintes variáveis de composição corporal: massa gorda total (kg) e porcentagem de massa gorda total (%); massa magra total (kg) e índice de massa magra (kg/m²). Além disso, para a análise segmentada, foram consideradas a massa gorda (kg) e a massa magra (kg) do tronco, membros superiores e membros inferiores. A massa corporal (kg) e a estatura (cm) foram medidas por uma balança de precisão com estadiômetro acoplado (Líder, LD1050, Araçatuba, SP, Brasil), conforme procedimento padrão da literatura, para posterior cálculo do índice de massa corporal (IMC) (Kg/m²). O estado nutricional foi classificado com base no IMC, segundo os critérios da Organização Mundial da Saúde [18].

2.4. Intervenções

As intervenções foram realizadas durante 12 semanas, três vezes por semana (36 sessões), com duração de 60 minutos/sessão, ministradas por profissionais e estudantes do último ano de Educação Física e Fisioterapia, com certificação em Pilates (dois profissionais) e com treinamento prévio para ministrarem os protocolos de treinamento aeróbio (três profissionais). O grupo Pilates e o grupo aeróbio realizaram sessões de 60 minutos exclusivamente dedicada a estas atividades, enquanto o grupo combinado (Pilates *plus* aeróbio) realizou 30 minutos de Pilates seguido imediatamente de 30 minutos de treinamento aeróbio, totalizando a sessão de 60 minutos. As participantes do grupo controle foram orientadas a manterem suas rotinas habituais. Além disso, todas as participantes do estudo foram orientadas a manterem seus hábitos alimentares e de atividade física como de costume.

2.4.1. Grupo Pilates

Para o grupo Pilates foram selecionados 13 exercícios no total, incluindo: 2 exercícios de alongamento (região posterior e anterior do corpo) e 11 exercícios de fortalecimento (extensores e flexores do tronco, membros inferiores e membros superiores), para os principais grupos musculares. Foram utilizados exercícios de solo (*mat*) e em equipamentos (*Ladder Barrel*, *Cadillac*, *Step Chair*, *Reformer*, *Springboard* e *Small Barrel*) (Kauffer Pilates Equipamentos, São José, SC, Brasil). Visando uma progressão, dois protocolos foram adotados (protocolo 1: semanas 1–6; protocolo 2: semanas 7–12). Os protocolos completos contendo a sequência de todos os exercícios com imagens pode ser acessado como arquivo suplementar.

Os dois grupos que realizaram Pilates foram submetidos ao mesmo protocolo de intervenção, exceto pelo número de séries: grupo Pilates = 2 séries x 10 repetições; grupo combinado = 1 série x 10 repetições. Ambos os grupos com 30 segundos de intervalo entre séries e exercícios. Para progressão da carga foi utilizada a regra dois-por-dois. Neste caso, o aumento de carga ocorreu quando uma participante realizou ≥ 2 repetições acima de sua meta de 10 repetições, quando da última série, em duas sessões de treinamento consecutivas [19]. Para os exercícios de mat Pilates, como a carga é o próprio peso corporal do participante, o ajuste ocorreu por intermédio de modificações posturais e de posicionamento, de forma a dificultar a execução do movimento. Nos exercícios em equipamentos esta estratégia também foi utilizada, somado a inclusão de novas molas, que tinham por objetivo oferecer maior resistência durante o movimento.

2.4.2. Grupo aeróbio

O grupo aeróbio realizou exercícios de caminhada/corrida numa esteira ergométrica Movement LX160i (Movement, São Paulo, SP, Brasil), a partir do método intervalado extensivo. Para definição da intensidade e periodização do treinamento, foi utilizado como referência, a velocidade de corrida associada ao: $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ($v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$), segundo limiar ventilatório (vLV_2) [20] e velocidade média entre o $v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ e vLV_2 ($v50\%\Delta$) [21]. A obtenção destes parâmetros foi obtida a partir de um teste de esforço máximo em esteira, realizado antes do início das intervenções.

Durante o período de 12 semanas de intervenção, foram adotados dois protocolos, com ajustes na densidade (razão entre trabalho e recuperação) a cada duas semanas, conforme demonstrado a seguir.

- Protocolo 1 (Semanas 1–6, com intensidade de trabalho na vLV_2) [20]: antecedendo as intervenções, um teste de tempo limite (tlim) foi executado na vLV_2 , adotando-se posteriormente, durante as intervenções, 50% deste tempo como fase de trabalho na vLV_2 , com intervalos de recuperação a 40% do $v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$. Visando a progressão do treinamento, a densidade foi ajustada a cada duas semanas (semanas 1–2 com densidade = 1,0; semanas 3–4 com densidade = 1,5; e semanas 5–6 com densidade = 2,0).

- Protocolo 2 (Semanas 7–12, com intensidade de trabalho na $v50\%\Delta$) [21]: antes da primeira intervenção, um teste de tempo limite (tlim) foi executado na $v50\%\Delta$, adotando-se posteriormente, durante as intervenções, 50% deste tempo como fase de trabalho no $v50\%\Delta$, com intervalos de recuperação a 40% do $v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$. Visando a progressão do treinamento, a

densidade foi ajustada a cada duas semanas (semanas 7–8 com densidade = 2,0; semanas 9–10 com densidade = 2,5; e semanas 11–12 com densidade = 3,0).

As fases de cada sessão foram: 1) aquecimento (50% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$); 2) parte principal, composta de séries de trabalho (vLV_2 [protocolo 1] ou $v50\%\Delta$ [protocolo 2]) e recuperação (40% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$); e 3) *cooldown* (40% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$). A esteira foi mantida com inclinação de 1% durante todo período de 12 semanas. O tempo destinado ao aquecimento e ao *cooldown* no grupo Pilates *plus* aeróbio foi a metade do destinado ao grupo que realizou apenas aeróbio, assim como, a quantidade de séries compostas por tempo de trabalho e recuperação.

2.5. Percepção de esforço da sessão

Para monitoramento da carga interna de treinamento ao longo do estudo foi utilizada a percepção subjetiva de esforço (PSE 0–10) da sessão, registrada nos três grupos de intervenção 15 minutos após as sessões de exercício [22]. Para o grupo combinado, que realizou Pilates *plus* aeróbio, foi considerada a sessão completa de treinamento, envolvendo as duas modalidades.

2.6. Eventos adversos

A cada sessão de treinamento, as participantes foram questionadas sobre possíveis eventos adversos ocorridos desde a última sessão. Além disso, após o término das sessões, também foram questionadas sobre possíveis eventos adversos ocorridos durante a sessão. Para identificação de possíveis eventos adversos no grupo controle as participantes foram contactadas semanalmente por telefone. Os relatos foram categorizados por afinidade e frequência de ocorrência nos quatro grupos.

2.7. Análise estatística

Os dados foram tratados conforme plano de análise estatística previamente publicado no registro do ensaio. Não houve análise prévia ou diretriz para interrupção do estudo. Os dados foram expressos como média (desvio padrão), à exceção da classificação do estado nutricional e dos eventos adversos, que foram expressos como número de participantes e respectivo percentual. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para verificar se os quatro grupos apresentavam diferenças no início do estudo, foi utilizada a análise de variância unidirecional ou teste de Kruskal-Wallis, para dados paramétricos e não paramétricos, respectivamente. Estes mesmos testes foram utilizados para comparar as ausências nas

intervenções e a PSE entre os grupos. O teste χ^2 de Pearson foi utilizado para comparação do estado nutricional pré-intervenção e eventos adversos ocorridos ao longo do estudo.

Para as comparações entre os grupos ao longo do tempo foi utilizada análise de covariância (ANCOVA), com os dados pós-intervenção utilizados como variável dependente e os dados pré-intervenção como covariável. A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Levene. Como *post hoc* foi utilizado o teste de Bonferroni. Para dados não paramétricos, as diferenças entre os grupos foram calculadas pelo teste Kruskal-Wallis e como *post hoc* o teste Dunn-Bonferroni. Para observação dos tamanhos de efeito foi utilizado Cohen's d, que foi considerado trivial (0,00-0,19), pequeno (0,20-0,49), médio (0,50-0,79) ou grande ($\geq 0,80$) [23].

Os dados foram analisados segundo o princípio da intenção de tratar (ITT), incluindo todas as participantes randomizadas. Os dados ausentes no pós-intervenção foram tratados por meio de imputação múltipla [24]. Neste caso, foi utilizado o algoritmo missForest, com a construção de 500 árvores de decisão e um máximo de 30 iterações, a fim de estimar os valores faltantes com base na estrutura de correlação entre as variáveis do modelo. Para todas as análises, adotou-se nível de significância de $p < 0,05$. As imputações múltiplas foram realizadas no software jamovi, versão 2.6.44 (The jamovi Project), os cálculos de tamanho de efeito (d de Cohen) no software G*Power, versão 3.1 (Franz Faul, Universität Kiel, Alemanha), e as demais análises estatísticas no programa SPSS, versão 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

3. RESULTADOS

3.1. Fluxo das participantes e adesão as intervenções

Das 421 mulheres avaliadas para elegibilidade, 341 foram excluídas, principalmente por não atenderem aos critérios de inclusão, resultando na randomização de 80 participantes nos grupos Pilates ($n = 20$), aeróbio ($n = 20$), combinado ($n = 20$) e controle ($n = 20$). Durante o seguimento, oito participantes descontinuaram as intervenções, mas realizaram as avaliações finais, enquanto 12 (15%) descontinuaram as intervenções e não compareceram às avaliações finais. As principais razões para desistência foram dificuldades logísticas (horários de trabalho/estudo e mudança de endereço) e eventos adversos, estes últimos mais frequentes no grupo de treinamento aeróbio (Figura 1).

Considerando as 36 sessões previstas, a média de ausências entre as participantes que concluíram as intervenções foi de $9,1 \pm 5,5$ no grupo Pilates, $13,5 \pm 5,0$ no grupo aeróbio e $12,7 \pm 6,7$ no grupo combinado, sem diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,143$).

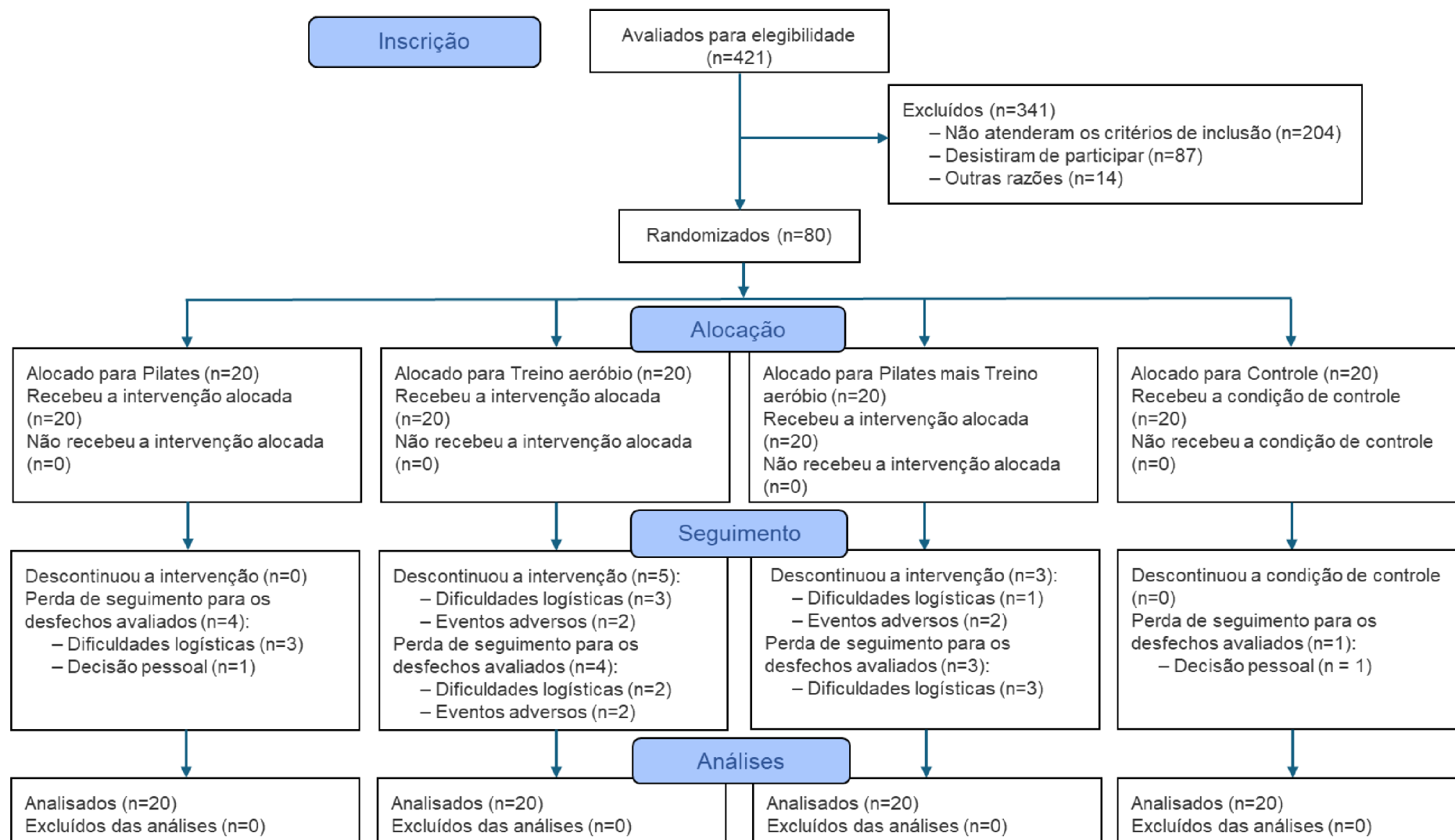


Figura 1. Fluxograma CONSORT 2025.

3.2. Características basais das participantes

As características basais das participantes foram semelhantes entre os grupos (Tabela 1). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nas variáveis demográficas, antropométricas, no estado nutricional, na composição corporal total ou na distribuição regional da massa gorda e da massa magra ($p > 0,05$).

Tabela 1. Características basais das participantes por grupo.

Variáveis	Pilates (n = 20)	Aeróbico (n = 20)	Combinado (n = 20)	Controle (n = 20)	P
Demográficas e antropométricas					
Idade (anos)	27,6 (6,6)	25,3 (6,0)	27,0 (6,6)	27,0 (5,3)	0,661
Estatura (cm)	164,0 (5,0)	163,9 (6,4)	163,5 (3,9)	163,0 (4,0)	0,966
Massa corporal (kg)	68,2 (11,0)	66,2 (12,6)	66,6 (11,9)	69,1 (9,1)	0,823
IMC (kg/m²)	25,5 (4,5)	24,5 (4,0)	24,9 (4,6)	26,0 (3,6)	0,689
Estado nutricional					
Peso normal, n (%)	9 (45)	12 (60)	11 (55)	9 (45)	0,723
Sobrepeso, n (%)	6 (30)	6 (30)	6 (30)	9 (45)	
Obesidade, n (%)	5 (25)	2 (10)	3 (15)	2 (10)	
Composição corporal total					
Massa gorda (kg)	26,4 (8,4)	25,4 (8,1)	24,7 (8,0)	28,2 (6,8)	0,535
Massa gorda (%)	37,8 (7,4)	37,6 (5,5)	36,1 (5,7)	40,2 (5,1)	0,220
Massa magra (kg)	39,6 (4,1)	38,6 (5,2)	39,8 (4,2)	38,8 (3,7)	0,801
IMM (kg/m²)	14,7 (1,6)	14,3 (1,5)	14,9 (1,7)	14,6 (1,3)	0,695
Distribuição regional da massa gorda e massa magra					
Massa gorda do tronco (kg)	12,3 (4,4)	12,0 (4,3)	11,2 (4,7)	13,6 (3,8)	0,328
Massa gorda de MMSS (kg)	2,6 (0,8)	2,6 (0,7)	2,4 (0,6)	2,7 (0,6)	0,540
Massa gorda de MMII (kg)	10,7 (3,6)	10,1 (3,2)	10,3 (3,0)	11,0 (2,9)	0,810
Massa magra do tronco (kg)	18,7 (1,8)	18,5 (2,5)	18,8 (1,8)	17,9 (1,7)	0,498
Massa magra de MMSS (kg)	4,0 (0,5)	3,8 (0,6)	4,0 (0,6)	3,9 (0,5)	0,497
Massa magra de MMII (kg)	14,0 (2,0)	13,5 (2,3)	14,0 (2,1)	14,1 (1,7)	0,828

Dados expressos como média (desvio padrão), exceto para estado nutricional. Composição corporal avaliada por densitometria de dupla energia de raios X (DXA). Grupo combinado corresponde à intervenção Pilates mais treinamento aeróbico. IMC: índice de massa corporal; IMM: índice de massa magra; MMSS: membros superiores; MMII: Membros inferiores. Comparação entre os grupos pelos testes Anova de uma via ou Kruskal-Wallis, conforme a normalidade dos dados (o teste χ^2 de Pearson foi utilizado para variável estado nutricional).

3.3. Resultados dos desfechos na pós-intervenção

Após 12 semanas de intervenção, o grupo Pilates apresentou aumento significativo da massa magra comparado ao grupo aeróbico, com tamanho de efeito moderado ($d = 0,79$). Para a massa magra de membros inferiores, o grupo Pilates foi significativamente superior aos grupos aeróbico ($d = 1,17$) e controle ($d = 1,18$), ambos com grande tamanho de efeito, enquanto o grupo combinado apresentou valores superiores ao grupo aeróbico, também com grande tamanho de efeito ($d = 0,91$). Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para os demais desfechos avaliados. Os detalhes das comparações em pares e os respectivos tamanhos de efeito estão apresentados na Tabela Suplementar 1.

Tabela 2. Comparações entre os grupos após 12 semanas de intervenção.

Variáveis	Pilates (n = 20)		Aeróbio (n = 20)		Combinado (n = 20)		Controle (n = 20)		P
	Pós	Δ Pré-Pós	Pós	Δ Pré-Pós	Pós	Δ Pré-Pós	Pós	Δ Pré-Pós	
Antropométricas									
Massa corporal (kg)	68,2 (10,0)	0,0 (2,3)	65,4 (12,1)	-0,8 (2,0)	67,0 (11,6)	0,4 (2,2)	69,6 (9,2)	0,5 (1,8)	0,120
IMC (kg/m²)	25,5 (4,0)	0,0 (1,0)	24,4 (3,8)	-0,1 (0,7)	25,1 (4,5)	0,2 (0,8)	26,2 (3,6)	0,2 (0,7)	0,290
Composição corporal total									
Massa gorda (kg)	25,4 (7,4)	-1,0 (1,7)	24,9 (8,3)	-0,5 (1,3)	24,3 (8,0)	-0,4 (1,7)	28,1 (7,0)	-0,1 (1,4)	0,251
Massa gorda (%)	36,4 (6,6)	-1,4 (1,5)	36,8 (6,0)	-0,8 (1,4)	35,1 (5,8)	-1,0 (1,6)	39,6 (5,1)	-0,6 (1,1)	0,149
Massa magra (kg)	40,7 (4,0)	1,1 (1,4) ^a	38,7 (4,7)	0,1 (1,1)	40,6 (4,0)	0,8 (1,0)	39,4 (3,5)	0,6 (1,1)	0,018
IMM (kg/m²)	15,2 (1,4)	0,5 (0,6)	14,5 (1,3)	0,2 (0,4)	15,2 (1,6)	0,3 (0,4)	14,8 (1,2)	0,2 (0,4)	0,152
Distribuição regional da massa gorda e massa magra									
Massa gorda do tronco (kg)	11,8 (3,9)	-0,5 (0,9)	11,9 (4,5)	-0,1 (0,6)	11,1 (4,7)	-0,1 (0,9)	13,3 (3,4)	-0,3 (0,7)	0,696
Massa gorda de MMSS (kg)	2,6 (0,8)	0,0 (0,2)	2,5 (0,7)	-0,1 (0,2)	2,4 (0,7)	0,0 (0,2)	2,7 (0,6)	0,0 (0,3)	0,193
Massa gorda de MMII (kg)	10,3 (3,1)	-0,4 (0,9)	9,8 (3,2)	-0,3 (0,7)	10,0 (2,8)	-0,3 (0,7)	11,1 (3,0)	0,1 (0,7)	0,082
Massa magra do tronco (kg)	19,1 (1,8)	0,4 (0,9)	18,7 (2,1)	0,2 (0,9)	19,2 (1,6)	0,4 (0,7)	18,5 (1,6)	0,6 (0,8)	0,755
Massa magra de MMSS (kg)	4,1 (0,5)	0,1 (0,2)	3,8 (0,6)	0,0 (0,2)	4,1 (0,6)	0,1 (0,2)	3,9 (0,5)	0,0 (0,1)	0,298
Massa magra de MMII (kg)	14,6 (1,9)	0,6 (0,6) ^{a,b}	13,4 (2,1)	-0,1 (0,6)	14,4 (1,9)	0,4 (0,5) ^a	14,1 (1,7)	0,0 (0,4)	0,000

Dados expressos como média (desvio padrão). Composição corporal avaliada por densitometria de dupla energia de raios X (DXA). Grupo combinado corresponde à intervenção Pilates mais treinamento aeróbio. IMC: índice de massa corporal; IMM: índice de massa magra; MMSS: membros superiores; MMII: Membros inferiores. Comparação entre os grupos pelos testes Ancova (valores pré-intervenção utilizados como covariáveis) ou Kruskal-Wallis (valores da diferença entre a pré e a pós-intervenção), conforme a normalidade dos dados. ^a significativamente diferente do grupo aeróbio. ^b significativamente diferente do grupo controle.

3.4. Percepção de esforço da sessão

Em relação à percepção de esforço da sessão (PSE 0-10), os grupos apresentaram valores semelhantes (Figura 2). As médias foram de $7,9 \pm 0,7$ no grupo Pilates, $7,5 \pm 1,2$ no grupo aeróbio e $8,0 \pm 0,8$ no grupo combinado, sem diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,139$).

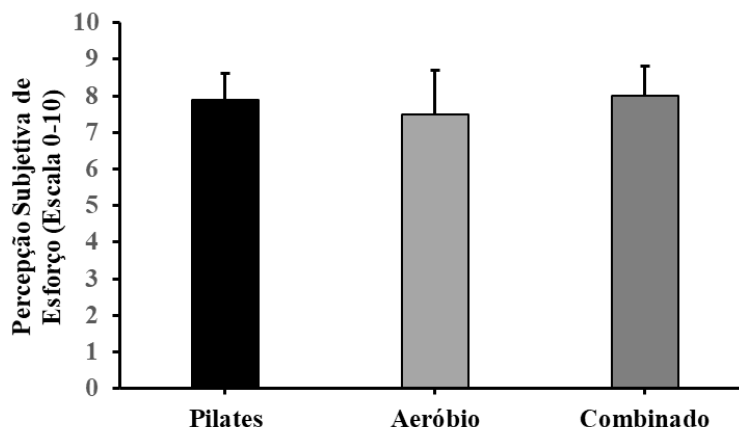


Figura 2. Percepção subjetiva de esforço (PSE) média relatada pelas participantes após as sessões de treinamento nos diferentes grupos de intervenção. Os dados estão expressos em média e desvio padrão.

3.5. Eventos adversos

Os eventos adversos ocorridos dentro e fora das sessões são apresentados na Tabela 3. O principal evento adverso relatado dentro das sessões foram dores musculoesqueléticas localizadas, como articulares (ex.: joelho, tornozelo e ombro) e musculares (ex.: panturrilha e coxa), afetando entre 30% e 60% dos participantes em cada grupo. Não houve diferenças significativas entre os grupos para os eventos adversos ocorridos dentro das sessões de exercício.

Fora das sessões de exercício, o principal evento adverso relatado foram as dores musculares tardia, afetando de maneira mais significativa as participantes do grupo Pilates ($p = 0,003$), com 75% de ocorrência, contra 25% e 35% nos grupos aeróbio e combinado, respectivamente. Os demais eventos adversos ocorridos fora das sessões de exercício diziam respeito também as participantes do grupo controle. Neste caso, houve significativamente ($p < 0,05$) maior ocorrência de eventos neste grupo quando comparado aos demais, para: dor musculoesquelética localizada, sintomas neurológicos/ vestibulares (dor de cabeça e vertigem), fadiga ou mal-estar sistêmico e eventos infecciosos (gripe).

Por fim, destaca-se que ocorreram cinco eventos adversos graves fora da sessão de exercício, todos no grupo aeróbio, representando 25% das participantes deste grupo, todos relacionados a lesões musculoesqueléticas no joelho ou tornozelo. Quatro destas participantes abandonaram as intervenções devido a esta ocorrência.

Tabela 3. Eventos adversos ocorridos dentro e fora das sessões de exercício, n (%).

Categoria	Pilates (n = 20)	Aeróbio (n = 20)	Combinado (n = 20)	Controle (n = 20)	P
Eventos adversos durante as sessões de exercício					
Dor musculoesquelética localizada	11 (55)	12 (60)	6 (30)	NA	0,126
Sintomas cardiorrespiratórios	3 (15)	3 (15)	2 (10)	NA	0,866
Sintomas neurológicos/vestibulares	5 (25)	3 (15)	0 (0)	NA	0,065
Sintomas gastrointestinais	0 (0)	2 (10)	1 (5)	NA	0,349
Total de participantes com ≥ 1 evento	11 (55)	13 (65)	8 (40)	NA	0,280
Eventos adversos fora das sessões de exercício					
Lesões musculoesqueléticas	0 (0)	5 (25)	0 (0)	0 (0)	0,001
Dor musculoesquelética localizada	3 (15)	8 (40)	4 (20)	13 (65)	0,003
Dor muscular tardia	15 (75)	5 (25)	7 (35)	NA	0,003
Sintomas neurológicos/vestibulares	4 (20)	1 (5)	0 (0)	11 (55)	0,000
Fadiga ou mal-estar sistêmico	0 (0)	0 (0)	1 (5)	6 (30)	0,001
Eventos infecciosos	3 (15)	1 (5)	0 (0)	8 (40)	0,002
Total de participantes com ≥ 1 evento	15 (75)	12 (60)	9 (45)	19 (95)	0,005

NA: não se aplica. Comparação entre os grupos pelo teste χ^2 de Pearson.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar, de forma controlada e comparativa, os efeitos isolados e combinados do Pilates e do treinamento aeróbio sobre a composição corporal total e segmentada em mulheres adultas jovens. Os principais achados indicaram que o grupo Pilates apresentou maior aumento de massa magra total em comparação ao grupo aeróbio, com tamanho de efeito moderado, além de superioridade para massa magra de membros inferiores em relação aos grupos aeróbio e controle, com grandes tamanhos de efeito. O grupo combinado também apresentou vantagens em relação ao aeróbio para massa magra de membros inferiores, com grande tamanho de efeito. Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para massa gorda ou outros desfechos de composição corporal. Adicionalmente, a percepção subjetiva de esforço foi semelhante entre as intervenções, enquanto 25% das participantes do grupo aeróbio apresentaram eventos adversos graves.

Em relação à hipótese inicial, os resultados oferecem suporte parcial. Conforme esperado, o Pilates promoveu maiores aumentos de massa magra, demonstrando seu potencial como estratégia eficaz para estímulo de adaptações musculares em indivíduos previamente inativos, conforme já foi demonstrado por um estudo anterior [17]. No entanto, a hipótese de que o treinamento aeróbio promoveria maior redução de massa gorda não foi confirmada, assim

como, não se observou um efeito aditivo claro da intervenção combinada sobre os desfechos analisados. Esses achados sugerem que, ao menos nas condições testadas, os efeitos das diferentes modalidades não se manifestam de forma complementar na magnitude inicialmente esperada, em especial para massa gorda.

Os ganhos superiores de massa magra observados no grupo Pilates podem ser explicados pelas características específicas dessa modalidade, que em parte, envolve componentes típicos do treinamento de força tradicional, incluindo: contrações musculares repetidas, número de séries e repetições pré-estabelecidas, intervalo de descanso padronizado, controle da intensidade de esforço e aumento gradual da carga [25, 26]. Esse efeito foi particularmente relevante para membros inferiores, o que pode ter ocorrido devido as características específicas do protocolo adotado, que considerou três exercícios para membros inferiores no protocolo das semanas 1-6 e quatro exercícios para este mesmo segmento no protocolo das semanas 7-12.

Destaca-se ainda, que o treinamento combinado, embora não tenha apresentado diferenças para os demais grupos para massa magra corporal total, foi superior ao grupo aeróbio para massa magra de membros inferiores. Neste grupo, o tempo de intervenção com Pilates foi de 30 minutos por sessão, ou seja, metade do volume realizado no grupo Pilates isolado. Ainda assim, sendo suficiente para promover adaptações na massa magra de membros inferiores. Além disso, o treino aeróbico realizado na sequência, neste caso a corrida, não impactou negativamente no ganho de massa magra desta região. Estes dados vão ao encontro daqueles observados por uma metanálise que não identificou qualquer impacto do treino combinado sobre a massa muscular, quando comparado com o treino de fortalecimento muscular isolado [27].

Por outro lado, a ausência de diferenças significativas na massa gorda entre os grupos, pode ser atribuída a alguns fatores. Em primeiro lugar, a duração da intervenção (12 semanas), embora suficiente para induzir adaptações musculares, pode não ter sido longa o bastante para promover mudanças detectáveis na adiposidade. Uma metanálise anterior demonstrou a necessidade de no mínimo 10 semanas para que alterações na massa gorda passem a ser observadas [11]. Ou seja, o tempo total dedicado ao presente estudo esteve próximo ao limite para que diferenças detectáveis pudessem ocorrer entre os grupos, o que pode ter impactado nos resultados.

Em segundo lugar, pode ser difícil observar alterações na massa gorda dentro de uma população jovem e relativamente saudável, em que aproximadamente metade da amostra já

apresentava no início do estudo um índice de massa corporal dentro dos parâmetros de normalidade. Embora o treinamento aeróbico isolado seja a técnica de exercício mais eficaz para redução da gordura corporal, seguido pelo treino combinado, os estudos em sua maioria são conduzidos com participantes que apresentam sobrepeso e/ou obesidade [28]. Já foi demonstrado que reduções mais proeminentes de peso e gordura corporal ocorrem em pessoas com maior IMC, visto que o gasto energético total superior nesses indivíduos potencializa o déficit calórico da intervenção [29].

Em terceiro, a ausência de controle dietético pode ter atenuado possíveis efeitos do exercício sobre o balanço energético, uma vez que mecanismos compensatórios podem reduzir o impacto do aumento do gasto energético. Esses achados reforçam a noção de que intervenções isoladas de exercício, especialmente em populações não clínicas, tendem a apresentar efeitos limitados sobre a massa gorda [30].

A ausência de superioridade do grupo combinado também merece consideração e, em grande parte, refletiu os achados observados nos grupos de treinamento isolados, isto é, o aumento da massa magra em membros inferiores em comparação ao grupo aeróbico, também observado no grupo Pilates, e a ausência de diferenças entre os grupos para a massa gorda. Embora a combinação de estímulos aeróbicos e neuromusculares seja frequentemente proposta como uma estratégia otimizada, evidências recentes sugerem que fatores como a divisão do volume total de treinamento entre as modalidades e possíveis efeitos de interferência podem atenuar a magnitude das adaptações [31]. No presente estudo, a menor exposição específica a cada modalidade no grupo combinado, em comparação aos grupos isolados, pode ter contribuído para a ausência de efeitos adicionais, sugerindo que o volume e a especificidade do estímulo podem ser determinantes para maximizar adaptações na composição corporal.

A similaridade na percepção subjetiva de esforço entre os grupos sugere que as intervenções foram comparáveis em termos de carga interna, o que reforça que as diferenças observadas nos desfechos não podem ser atribuídas a discrepâncias na intensidade percebida do treinamento. Esse achado fortalece a interpretação de que os efeitos observados sobre a massa magra e a massa gorda estão relacionados principalmente à natureza do estímulo mecânico e neuromuscular imposto por cada modalidade.

Do ponto de vista da segurança, os resultados revelaram um perfil de eventos adversos que merece atenção. Observou-se maior frequência de dor musculoesquelética localizada, sintomas neurológicos e vestibulares, fadiga, mal-estar sistêmico e eventos infecciosos no grupo controle, o que pode refletir a ausência de efeitos protetores associados à prática regular

de exercício físico. No grupo Pilates, como esperado, especialmente por se tratar de participantes destreinadas, observou-se maior ocorrência de dor muscular tardia, possivelmente relacionada ao caráter não habitual dos estímulos musculares impostos por essa modalidade.

Por outro lado, no grupo aeróbio, houve cinco ocorrências (25% das participantes) de eventos adversos graves relacionados a lesões musculoesqueléticas no joelho ou tornozelo, que levaram à interrupção das intervenções em quatro participantes. Esses eventos sugerem que exercícios como a corrida, especialmente quando realizados em intensidades relativamente elevadas e em indivíduos previamente sedentários, podem estar associados a maior sobrecarga mecânica e risco de lesões musculoesqueléticas. Evidências de revisão sistemática indicam que a incidência de lesões em corredores é elevada, com média em torno de 40%, sendo o joelho e o tornozelo as regiões mais frequentemente acometidas [32]. Esses achados têm implicações relevantes para a prescrição de exercícios, particularmente no que se refere à progressão da carga, individualização do treinamento e monitoramento sistemático de sintomas.

4.1. Pontos fortes e limitações

Este estudo apresenta os seguintes pontos fortes que merecem destaque: a) trata-se de um ensaio clínico randomizado com quatro grupos paralelos, incluindo intervenções isoladas e combinadas, o que permitiu uma comparação direta entre diferentes estratégias de exercício físico; b) a utilização de método padrão-ouro para avaliação da composição corporal (DXA), especialmente pela análise segmentada da massa magra e da massa gorda; c) o controle da carga interna por meio da percepção subjetiva de esforço e o monitoramento sistemático de eventos adversos ao longo de todo o período de intervenção contribuíram para a robustez e aplicabilidade clínica dos achados.

Por outro lado, algumas limitações devem ser consideradas: a) o tamanho amostral relativamente reduzido em cada grupo podem ter limitado o poder para detectar diferenças significativas em alguns desfechos; b) a ausência de controle dietético e de monitoramento objetivo da atividade física fora das sessões de treinamento pode ter influenciado o balanço energético e, por consequência, os resultados observados; c) o período de intervenção de 12 semanas pode ter sido insuficiente para promover alterações mais expressivas, especialmente na massa gorda; d) a amostra composta exclusivamente por mulheres jovens e previamente sedentárias restringe a generalização dos achados para outras populações; e) o fato do grupo combinado ter realizado menor volume específico de cada modalidade, em comparação aos grupos isolados, deve ser considerado na interpretação dos resultados.

5. CONCLUSÃO

Em conclusão, intervenções baseadas em Pilates foram eficazes para promover aumento da massa magra, especialmente em membros inferiores, quando comparadas ao treinamento aeróbio, enquanto não foram observadas diferenças entre os grupos para a massa gorda após 12 semanas. A combinação de Pilates e exercício aeróbio não resultou em benefícios adicionais, o que pode ser explicado, ao menos em parte, pelo menor volume específico de cada modalidade no grupo combinado ($\approx 50\%$ em relação aos grupos isolados). Além disso, a ocorrência de eventos adversos graves no grupo aeróbio reforça a importância da progressão gradual da carga, da individualização do treinamento e do monitoramento sistemático de sintomas, a fim de minimizar riscos e maximizar a segurança e a adesão às intervenções. Estudos futuros devem investigar diferentes estratégias de periodização e distribuição do volume entre modalidades, bem como intervenções de maior duração, para melhor elucidar os efeitos do treinamento com Pilates, exercício aeróbio e suas combinações sobre a composição corporal.

REFERÊNCIAS

1. Kim SR, Lee G, Choi S, Oh YH, Son JS, Park M, et al. Changes in predicted lean body mass, appendicular skeletal muscle mass, and body fat mass and cardiovascular disease. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022;13(2):1113-23.
2. Srikanthan P, Horwich TB, Tseng CH. Relation of Muscle Mass and Fat Mass to Cardiovascular Disease Mortality. *Am J Cardiol*. 2016;117(8):1355-60.
3. Han TS, Al-Gindan YY, Govan L, Hankey CR, Lean MEJ. Associations of BMI, waist circumference, body fat, and skeletal muscle with type 2 diabetes in adults. *Acta Diabetol*. 2019;56(8):947-54.
4. Ashcroft SP, Stocks B, Egan B, Zierath JR. Exercise induces tissue-specific adaptations to enhance cardiometabolic health. *Cell Metab*. 2024;36(2):278-300.
5. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(2):459-71.
6. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451-62.

7. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
8. Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining Pilates exercise: a systematic review. *Complement Ther Med.* 2012;20(4):253-62.
9. Wang Y, Chen Z, Wu Z, Ye X, Xu X. Pilates for Overweight or Obesity: A Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2021;12:643455.
10. Cavina APS, Pizzo Junior E, Machado AF, Biral TM, Lemos LK, Rodrigues CRD, et al. Effects of the Mat Pilates Method on Body Composition: Systematic Review With Meta-Analysis. *J Phys Act Health.* 2020;17(6):673-81.
11. Lafontant K, Rukstela A, Hanson A, Chan J, Alsayed Y, Ayers-Creech WA, et al. Comparison of concurrent, resistance, or aerobic training on body fat loss: a systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr.* 2025;22(1):2507949.
12. Bouamra M, Zouhal H, Ratel S, Makhlouf I, Bezrati I, Chtara M, et al. Concurrent Training Promotes Greater Gains on Body Composition and Components of Physical Fitness Than Single-Mode Training (Endurance or Resistance) in Youth With Obesity. *Front Physiol.* 2022;13:869063.
13. Mouad M, Vaz Junior A, Grubertt GA, Cavazzotto TG, Serassuelo Junior H. Effects of combined training on body composition, muscle strength and aerobic power in women: a systematic review and meta-analysis. *Rev Bras Med Esporte.* 2025;31:e2022_0389.
14. Khalafi M, Kheradmmand S, Habibi Maleki A, Symonds ME, Rosenkranz SK, Batrakoulis A. The Effects of Concurrent Training Versus Aerobic or Resistance Training Alone on Body Composition in Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare (Basel).* 2025;13(7).
15. Messina C, Albano D, Gitto S, Tofanelli L, Bazzocchi A, Ulivieri FM, et al. Body composition with dual energy X-ray absorptiometry: from basics to new tools. *Quant Imaging Med Surg.* 2020;10(8):1687-98.
16. Hopewell S, Chan AW, Collins GS, Hróbjartsson A, Moher D, Schulz KF, et al. CONSORT 2025 statement: updated guideline for reporting randomised trials. *Bmj.* 2025;389:e081123.
17. Rayes ABR, de Lira CAB, Viana RB, Benedito-Silva AA, Vancini RL, Mascarini N, et al. The effects of Pilates vs. aerobic training on cardiorespiratory fitness, isokinetic muscular strength, body composition, and functional tasks outcomes for individuals who are overweight/obese: a clinical trial. *PeerJ.* 2019;7:e6022.

18. Use and interpretation of anthropometric indicators of nutritional status. WHO Working Group. Bull World Health Organ. 1986;64(6):929-41.
19. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Hornsby WG, Stone MH. Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting Training Intensity. Sports Med. 2021;51(10):2051-66.
20. Daniels J. Daniels' running formula: Human Kinetics; 2013.
21. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. Sports Med. 2001;31(1):13-31.
22. Foster C, Boulosa D, McGuigan M, Fusco A, Cortis C, Arney BE, et al. 25 Years of Session Rating of Perceived Exertion: Historical Perspective and Development. Int J Sports Physiol Perform. 2021;16(5):612-21.
23. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed: Lawrence Erlbaum Associates; 1988. 567 p.
24. Heymans MW, Twisk JWR. Handling missing data in clinical research. J Clin Epidemiol. 2022;151:185-8.
25. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. J Strength Cond Res. 2010;24(10):2857-72.
26. Currier BS, D'Souza AC, Singh MAF, Lowisz CV, Rawson ES, Schoenfeld BJ, et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Resistance Training Prescription for Muscle Function, Hypertrophy, and Physical Performance in Healthy Adults: An Overview of Reviews. Med Sci Sports Exerc. 2026;58(4):851-72.
27. Schumann M, Feuerbacher JF, Sünkeler M, Freitag N, Rønnestad BR, Doma K, et al. Compatibility of Concurrent Aerobic and Strength Training for Skeletal Muscle Size and Function: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. 2022;52(3):601-12.
28. Huang T, Feng H, Xie Z, Wang Y, Wang Q, Wang Z. Effects of exercise on body fat percentage and cardiorespiratory fitness in sedentary adults: a systematic review and network meta-analysis. Front Public Health. 2025;13:1624562.
29. Tang HB, Jalil N, Tan CS, He L, Zhang SJ. Why more successful? An analysis of participants' self-monitoring data in an online weight loss intervention. BMC Public Health. 2024;24(1):322.

30. Xie Y, Gu Y, Li Z, He B, Zhang L. Effects of Different Exercises Combined with Different Dietary Interventions on Body Composition: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Nutrients*. 2024;16(17).
31. Lundberg TR, Feuerbacher JF, Sünkeler M, Schumann M. The Effects of Concurrent Aerobic and Strength Training on Muscle Fiber Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2022;52(10):2391-403.
32. Kakouris N, Yener N, Fong DTP. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *J Sport Health Sci*. 2021;10(5):513-22.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objetivo investigar, por meio de um ensaio clínico randomizado, os efeitos do treinamento com Pilates, do exercício aeróbio e da combinação entre essas modalidades sobre diferentes componentes da aptidão física em mulheres jovens previamente destreinadas. De forma integrada, os achados permitem uma compreensão mais abrangente sobre as adaptações induzidas por essas intervenções, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de treinamento físico e reabilitação.

Os resultados demonstraram que o treinamento com Pilates foi tão eficaz quanto o exercício aeróbio para a melhoria da aptidão cardiorrespiratória, indicando que, mesmo não sendo tradicionalmente classificado como uma modalidade aeróbia, o Pilates pode promover adaptações relevantes nesse componente. Esse achado amplia a compreensão sobre o potencial dessa abordagem, especialmente em populações que apresentam menor aderência ou tolerância ao exercício aeróbio convencional.

Adicionalmente, o Pilates apresentou superioridade em relação ao exercício aeróbio em desfechos relacionados à aptidão musculoesquelética, incluindo força muscular, potência e flexibilidade, bem como na promoção de aumentos de massa magra, particularmente em membros inferiores. Esses resultados sugerem que o estímulo neuromuscular característico do método pode favorecer adaptações estruturais e funcionais mais abrangentes, com implicações relevantes para a funcionalidade e a saúde musculoesquelética.

Por outro lado, a ausência de diferenças entre as intervenções para a massa gorda indica que, no período analisado, as estratégias adotadas não foram suficientes para promover alterações significativas nesse componente, possivelmente em função da duração da intervenção ou da ausência de controle dietético. Além disso, a combinação entre Pilates e exercício aeróbio não resultou em benefícios adicionais consistentes, sugerindo que a divisão do volume de treinamento entre diferentes estímulos pode ter atenuado as adaptações específicas de cada modalidade.

Outro aspecto relevante refere-se à segurança das intervenções, uma vez que eventos adversos graves foram observados exclusivamente no grupo submetido ao exercício aeróbio. Embora esses eventos tenham ocorrido fora das sessões supervisionadas, esse achado reforça a importância de considerar o perfil de risco e a tolerabilidade das diferentes modalidades ao prescrever programas de exercício.

Em conjunto, os resultados desta dissertação indicam que o treinamento com Pilates constitui uma estratégia eficiente e segura para a promoção da aptidão física e da composição corporal em mulheres jovens, podendo ser utilizado tanto como alternativa quanto como complemento ao exercício aeróbio em programas voltados à saúde. Do ponto de vista prático, esses achados oferecem subsídios relevantes para profissionais da área, contribuindo para uma prescrição mais individualizada e baseada em evidências.

Por fim, recomenda-se que estudos futuros investiguem os efeitos de intervenções de maior duração, com controle de variáveis adicionais, como ingestão alimentar e volume de treinamento, bem como explorem os mecanismos fisiológicos subjacentes às adaptações observadas. A ampliação dessas evidências poderá contribuir para uma melhor compreensão do papel do Pilates isolado e combinado ao treinamento aeróbio em diferentes contextos populacionais e clínicos.

APÊNDICE A – Protocolo de Exercícios de Pilates

Protocolo 1 (Pilates): 1º à 6º semana.



SPINE STRETCH FORWARD

Equipamento/Acessório: Banco, tatame ou colchonete.

Principais grupos musculares solicitados: Bíceps femoral (cabeça longa e curta), semitendíneo, semimembranáceo e eretor da espinha.

Posição inicial: Sentado, com a coluna ereta, quadril e ombros fletidos a 90 graus, joelhos e cotovelos estendidos.

Execução: O tronco deve ser flexionado até a amplitude máxima, mobilizando a coluna vertebral desde as vértebras cervicais até as lombares. A volta a posição inicial deve ser feita de forma que a coluna vertebral novamente seja mobilizada, mas desta vez, das vértebras lombares, até as cervicais.



SWAN I

Equipamento/Acessório: Banco, tatame ou colchonete.

Principais grupos musculares solicitados: Reto abdominal, oblíquo (externo e interno).

Posição inicial: Deitado em decúbito ventral sobre o banco, com os cotovelos fletidos próximos ao tronco e as mãos próximas ao ombro.

Execução: O ombro é flexionado e o cotovelo estendido, ao mesmo tempo em que a coluna realiza uma extensão, mobilizando as vértebras desde as cervicais até as lombares. A volta para a posição inicial ocorre com a extensão do ombro e a flexão do cotovelo, ao mesmo tempo em que ocorre a mobilização da coluna, das vértebras lombares até a cervicais.



SWAN II

Equipamento/Acessório: Banco, tatame ou colchonete.

Principais grupos musculares solicitados: Ereter da espinha.

Posição inicial: Deitado em decúbito dorsal sobre o banco, com os cotovelos fletidos e as mãos sobrepostas sobre a região da coluna lombar.

Execução: O tronco deverá realizar uma extensão dentro da amplitude máxima conseguida pelo executante. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do tronco, até que a região peitoral e a testa do executante entre em contato com o banco.



STHOMACH JUMPS

Equipamento/Acessório: Ladder Barrel.

Principais grupos musculares solicitados: Ereter da espinha e glúteo máximo.

Posição Inicial: Deitado em decúbito ventral sobre o assento do equipamento, mãos segurando o primeiro espaldar, quadril fletido, os joelhos e cotovelos estendidos.

Execução: O quadril e o tronco serão estendidos até a amplitude máxima conseguida pelo executante. Para isso, as mãos deverão "escalar" o espaldar, do primeiro até o último. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do tronco, de forma que as mãos irão descer até que toquem o primeiro espaldar do equipamento.



SHORT BOX SERIES: ROUND BACK

Equipamento/Acessório: Ladder Barrel.

Principais grupos musculares solicitados: Reto abdominal, oblíquo externo e interno do abdome.

Posição Inicial: Sentado sobre o assento do equipamento, joelhos fletidos, mantendo os pés apoiados no primeiro espaldar. A coluna deve estar ereta e os ombros fletidos em um ângulo de aproximadamente 90 graus.

Execução: O tronco será estendido até que a coluna seja apoiada sobre o equipamento, ao mesmo tempo em que o ombro realiza uma flexão. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do tronco e a extensão do ombro, até que a coluna esteja "alinhada" e o ombro em aproximadamente 90 graus de flexão.



THE HUNDRED IV

Equipamento/Acessório: Cadillac.

Principais grupos musculares solicitados: Reto abdominal, oblíquo externo e interno do abdome, tensor da fáscia lata e reto femoral.

Posição Inicial: Deitado em decúbito dorsal no assento do equipamento, com os ombros, quadril e joelhos fletidos a aproximadamente um ângulo de 90 graus. As mãos devem segurar as alças do aparelho.

Execução: O tronco será fletido até a amplitude máxima, ao mesmo tempo em que os ombros, o quadril e os joelhos realizam uma extensão. A volta a posição inicial ocorre com a extensão do tronco, flexão dos ombros, quadril e joelhos.



TOWER (ADAPTADO)

Equipamento/Acessório: Cadillac ou Wall Unit.

Principais grupos musculares solicitados: Quadríceps femoral, bíceps femoral (cabeça longa e curta), semitendíneo, semimembranoso e glúteo máximo.

Posição Inicial: Deitado em decúbito dorsal sobre o assento do equipamento, com o quadril e os joelhos fletidos e um dos pés posicionados na barra torre do aparelho. A cabeça do executante é posicionada sobre a caixa grande do Cadillac e os braços permanecem estendidos ao lado do corpo.

Execução: Os joelhos devem ser estendidos completamente. O retorno a posição inicial ocorre com a flexão dos joelhos e do quadril.



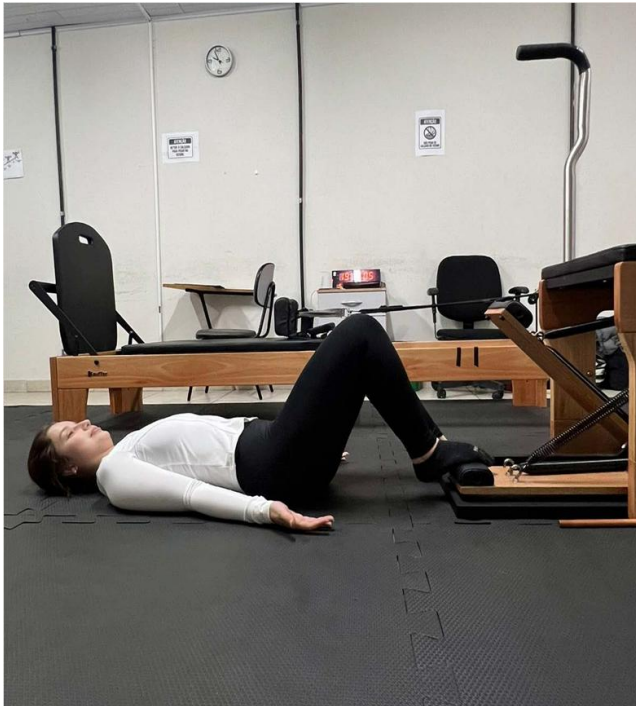
FOOTWORK DOUBLE LEG PUMPS

Equipamento/Acessório: Cadeira.

Principais grupos musculares solicitados: Quadríceps femoral.

Posição Inicial: Sentado no assento do equipamento, com a coluna ereta, pés apoiados no pedal e as mãos segurando na haste do aparelho.

Execução: O joelho deve ser estendido, até que os pedais toquem a base do aparelho. A volta a posição inicial ocorre com a flexão do joelho.



BENT LEG LOWERS LYING

Equipamento/Acessório: Cadeira.

Principais grupos musculares solicitados: Bíceps femoral (cabeça longa e curta), semitendíneo, semimembranáceo.

Posição Inicial: Deitado em decúbito dorsal no solo, com o quadril e os joelhos fletidos, pés posicionados no pedal do equipamento e braços estendidos ao lado do corpo.

Execução: Os joelhos realizam uma flexão, até que os pedais toquem a base do equipamento. O retorno a posição inicial ocorre com a extensão do joelho.



HUG A TREE

Equipamento/Acessório: Reformer.

Principais grupos musculares solicitados: Peitoral maior.

Posição Inicial: Sentado no banco do equipamento, de frente para a barra horizontal, com os membros inferiores cruzados (posição de índio), coluna ereta, os ombros abduzidos em aproximadamente 90 graus e as mãos segurando as alças.

Execução: O ombro realiza uma flexão horizontal, até que as alças se toquem a frente, mantendo-se a postura do tronco estável. A volta a posição inicial ocorre com uma extensão horizontal do ombro.



ARM PULLING (ADAPTADO)

Equipamento/Acessório: Reformer.

Principais grupos musculares solicitados: Latíssimo do dorso, trapézio, redondo maior, redondo menor, rombóide, infraespinhal, deltóide (posterior) e bíceps braquial.

Posição Inicial: Sentado no banco do equipamento com os membros inferiores cruzados (posição de índio), coluna ereta, os ombros fletidos em aproximadamente 70 graus e as mãos segurando as alças em posição supinada.

Execução: Os ombros devem ser estendidos e os cotovelos flexionados, até que as mãos se aproximem do corpo, mantendo-se a postura do tronco estável. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do ombro e a extensão dos cotovelos.



ARM BÍCEPS

Equipamento/Acessório: Cadillac ou Wall Unit.

Principais grupos musculares solicitados: Bíceps braquial.

Posição Inicial: Em pé sobre o assento do equipamento, com as mãos em supinação, segurando as alças de mão. Os ombros estarão fletidos a um ângulo de aproximadamente 30 graus. A coluna é mantida ereta e os pés afastados frontalmente.

Execução: Os cotovelos devem realizar uma flexão até a amplitude máxima conseguida pelo executante, mantendo-se a postura do tronco e a pelve estável. A volta para a posição inicial ocorre com a extensão dos cotovelos.



TRÍCEPS AJOELHADO

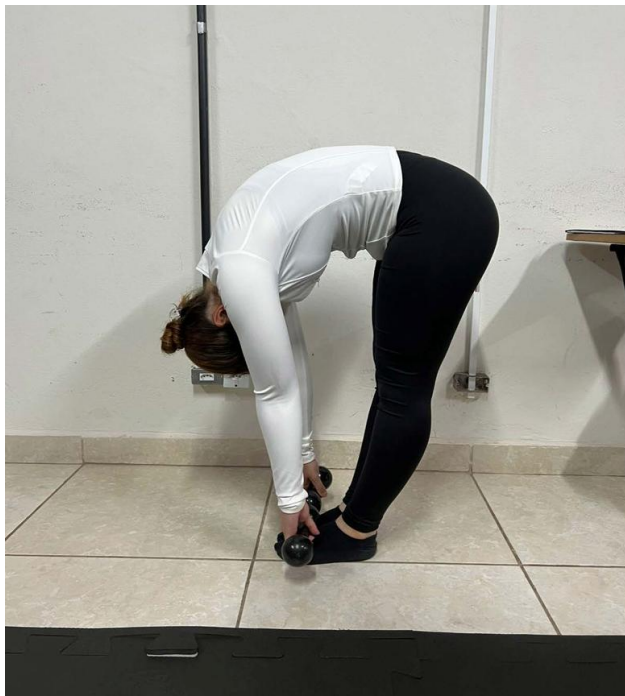
Equipamento/Acessório: Cadillac ou Wall Unit.

Principais grupos musculares solicitados: Tríceps braquial.

Posição Inicial: Ajoelhada sobre o colchonete, com quadris estendidos e tronco ereto. Ombros em posição neutra ou levemente estendidos. Cotovelos flexionados próximos ao tronco e antebraços segurando as alças, em pegada supina. Escápula estabilizada, sem elevação ou protrusão excessiva.

Execução: A partir da posição inicial, realiza-se a extensão dos cotovelos, empurrando as alças em direção inferior/posterior até a completa extensão dos braços, mantendo os cotovelos próximos ao corpo e o tronco estável. O retorno ocorre de forma controlada, com a flexão dos cotovelos, respeitando a tensão contínua das molas e sem permitir compensações do tronco ou elevação dos ombros.

Protocolo 1 (Pilates): 7º à 12ª semana.



ROLLING

Equipamento/Acessório: Halteres.

Principais grupos musculares solicitados: Bíceps femoral (cabeça longa e curta), semitendíneo, semimembrâneo e eretor da espinha.

Posição inicial: Em pé, joelhos e quadril em posição neutra, pés afastados aproximadamente na largura dos ombros, segurando os halteres com as mãos.

Execução: O tronco deve ser flexionado até a amplitude máxima, mobilizando a coluna desde as vértebras cervicais até as lombares. A volta para a posição inicial deve ser feita de forma que a coluna vertebral novamente seja mobilizada, mas desta vez, das vértebras lombares, até as cervicais.



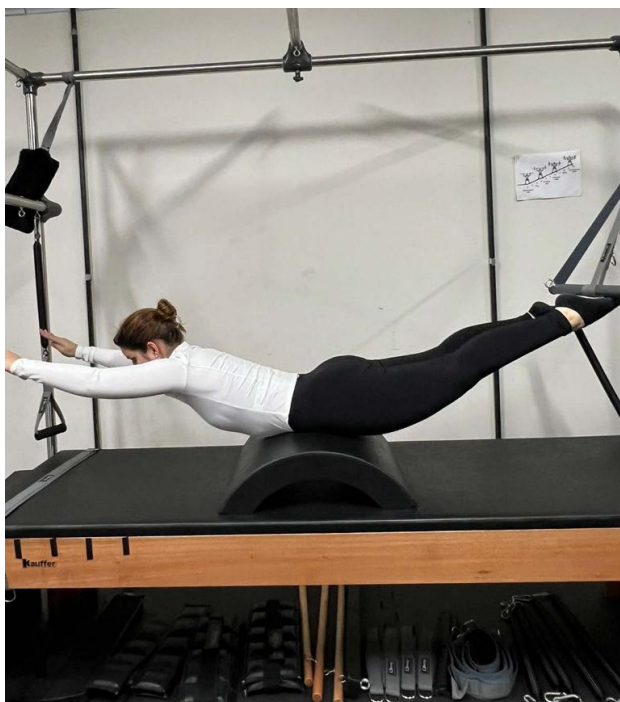
ROCKING ON STOMACH

Equipamento/Acessório: Banco, tatame ou colchonete.

Principais grupos musculares solicitados: Peitoral maior, peitoral menor, deltóide (porção anterior), serrátil anterior, reto abdominal, oblíquo (externo e interno) e quadríceps femoral.

Posição inicial: Deitado em decúbito ventral sobre o banco, com os joelhos fletidos e as mãos segurando os pés.

Execução: O tronco e o quadril deverão realizar uma extensão máxima, de forma que apenas a região abdominal ficará apoiada. A volta a posição inicial ocorre com o tronco e o quadril sendo flexionados, até que a coxa e a região peitoral toquem o banco.



SWAN IV

Equipamento/Acessório: Meia Lua.

Principais grupos musculares solicitados: Ereter da espinha e glúteo máximo.

Posição inicial: Deitado em decúbito ventral sobre o equipamento, com os joelhos e cotovelos estendidos, ombros fletidos de forma que os braços estejam alinhados com as orelhas.

Execução: O tronco e o quadril realizarão uma extensão dentro da amplitude máxima de movimento do executante. Os joelhos e cotovelos permanecerão estendidos. Os braços acompanham o movimento, mantendo o alinhamento com as orelhas. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do tronco e do quadril.



SWAN DIVE

Equipamento/Acessório: Ladder Barrel.

Principais grupos musculares solicitados: Ereter da espinha e glúteo máximo.

Posição Inicial: Deitado em decúbito ventral sobre o assento do equipamento, os pés apoiados no primeiro espaldar, quadril fletido, os joelhos estendidos e os cotovelos fletidos com o ombro perfazendo aproximadamente 90 graus de flexão (as mãos devem estar na altura das orelhas).

Execução: O tronco deverá ser estendido até a amplitude máxima conseguida pelo executante. Os joelhos permanecerão estendidos. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do tronco, até que a região abdominal se apoie no assento do equipamento.



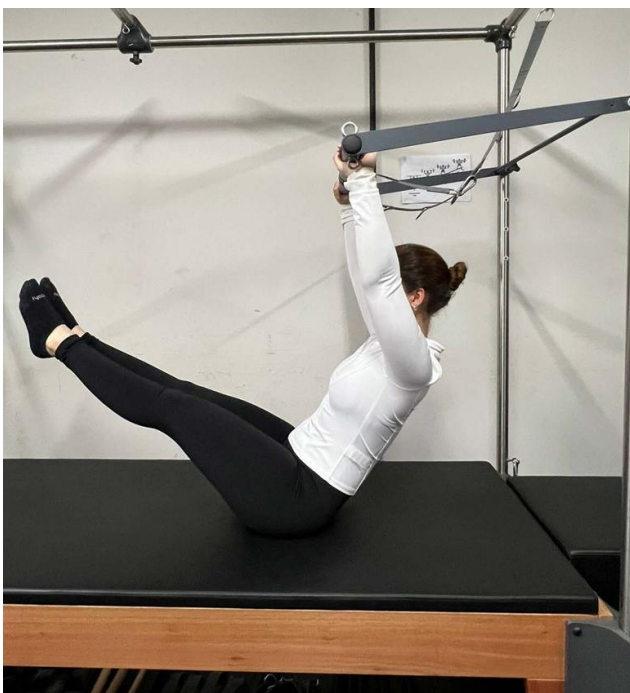
SHORT BOX SERIES: CLIMB-A-TREE

Equipamento/Acessório: Ladder Barrel.

Principais grupos musculares solicitados: Reto abdominal, oblíquo externo e interno do abdome, tensor da fáscia lata e reto femoral.

Posição Inicial: Sentado no equipamento, com um pé encaixado no primeiro espaldar, quadril e joelhos fletidos. O membro contralateral permanece para o alto, com o joelho estendido e as mãos próximas ao joelho.

Execução: O tronco realizará uma extensão e os ombros uma flexão, até a amplitude máxima alcançada pelo executante. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do tronco e a extensão do ombro, até que as mãos possam alcançar o joelho da perna que permaneceu estendida.



TEASER III

Equipamento/Acessório: Cadillac/Wall Unit.

Principais grupos musculares solicitados: Reto abdominal, oblíquo externo e interno do abdome, tensor da fáscia lata e reto femoral.

Posição Inicial: Deitado em decúbito dorsal sobre o banco do equipamento, com os joelhos e cotovelos estendidos e as mãos segurando a barra torre. A cabeça é posicionada sobre a caixa grande.

Execução: O tronco e o quadril realizarão uma flexão, dentro da amplitude máxima de movimento conseguida pelo executante, mantendo sempre os joelhos e cotovelos estendidos. A volta para a posição inicial ocorre com a extensão do quadril e do tronco.



TOWER ONE LEG

Equipamento/Acessório: Cadillac ou Wall Unit.

Principais grupos musculares solicitados: Quadríceps femoral, bíceps femoral (cabeça longa e curta), semitendíneo, semimembranoso, glúteo máximo e eretor da espinha.

Posição Inicial: Em decúbito dorsal sobre o banco do equipamento, joelhos fletidos a 90 graus, um membro inferior com o quadril fletido (com o pé apoiado na barra torre) e o outro, com o pé apoiado sobre o assento do aparelho. A região de trapézio superior e cabeça são mantidas apoiadas e os braços estendidos ao longo do corpo. A região lombo-pélvica deve estar elevada (posição de ponte).

Execução: O joelho cujo pé apoia-se na barra, deve ser estendido completamente, mantendo-se a região lombo-pélvica sempre elevada durante o exercício. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do joelho.



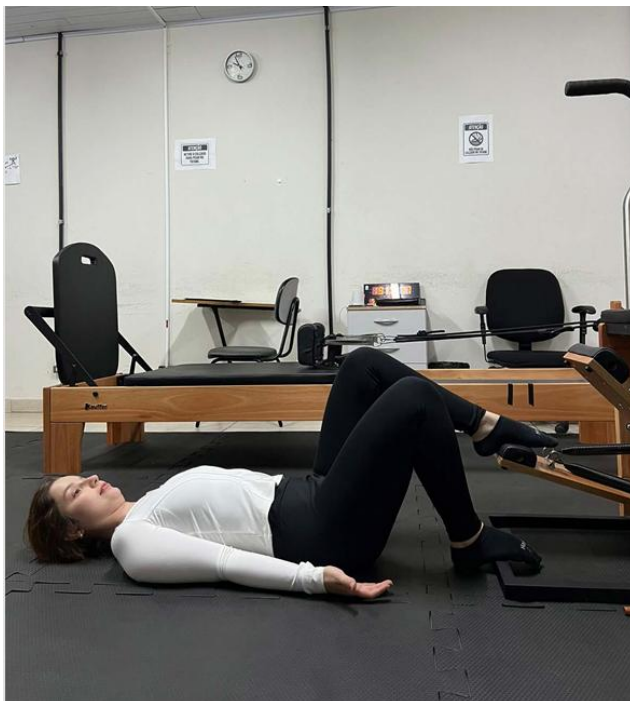
FORWARD LUNGE

Equipamento/Acessório: Cadeira.

Principais grupos musculares solicitados: Quadríceps femoral, bíceps femoral (cabeça longa e curta), semimembranoso, semitendíneo e glúteo máximo.

Posição Inicial: Em pé, com um membro inferior sobre o assento do equipamento (joelho fletido) e o outro sobre o pedal da cadeira (joelho estendido). Os ombros devem estar fletidos em um ângulo de aproximadamente 90 graus.

Execução: O membro inferior cujo pé está sobre o assento do equipamento deverá estender o joelho, até a amplitude máxima de movimento permitida pelo pedal da cadeira. Consequentemente o tronco será projetado para cima e para frente. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do joelho que foi inicialmente estendido.



BENT LEG LOWERS LYING (UNIPODAL)

Equipamento/Acessório: Cadeira.

Principais grupos musculares solicitados: Bíceps femoral (cabeça longa e curta), semitendíneo, semimembranáceo.

Posição Inicial: Deitado em decúbito dorsal no solo, com o quadril e os joelhos fletidos, um dos pés posicionados no pedal do equipamento e outro posicionado no chão e braços estendidos ao lado do corpo.

Execução: O joelho com o pé no pedal realiza uma flexão, até que o pedal toque a base do equipamento. O retorno a posição inicial ocorre com a extensão do joelho.



JUMP (UNIPODAL)

Equipamento/Acessório: Reformer.

Principais grupos musculares solicitados: Quadríceps femoral.

Posição Inicial: Deitado em decúbito dorsal sobre o assento do equipamento, com os braços paralelos ao corpo, joelhos e quadril fletidos a um ângulo de aproximadamente 90 graus. Um dos pés deverão estar apoiados na prancha de salto do Reformer, enquanto o outro ficará sem apoio.

Execução: O joelhos e o quadril do lado apoiado na prancha deverá ser estendidos em velocidade, para que um impulso seja dado possibilitando desta forma o salto. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do quadril e do joelho.



ARM PULLING (ADAPTADO)

Equipamento/Acessório: Reformer.

Principais grupos musculares solicitados: Latíssimo do dorso, trapézio, redondo maior, redondo menor, rombóide, infraespinhal, deltóide (posterior) e bíceps braquial.

Posição Inicial: Sentado no banco do equipamento com os membros inferiores cruzados (posição de índio), coluna ereta, os ombros fletidos em aproximadamente 70 graus e as mãos segurando as alças em posição pronada.

Execução: Os ombros devem ser estendidos em 90° e os cotovelos flexionados, até que as mãos se aproximem do corpo, mantendo-se a postura do tronco estável. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão do ombro e a extensão dos cotovelos.



ARM BÍCEPS

Equipamento/Acessório: Cadillac ou Wall Unit..

Principais grupos musculares solicitados: Bíceps braquial.

Posição Inicial: Em pé sobre o assento do equipamento, com as mãos em supinação, segurando as alças de mão. Os ombros estarão fletidos a um ângulo de aproximadamente 30 graus. A coluna é mantida ereta e os pés afastados frontalmente.

Execução: Os cotovelos devem realizar uma flexão até a amplitude máxima conseguida pelo executante, mantendo-se a postura do tronco e a pelve estável. A volta para a posição inicial ocorre com a extensão dos cotovelos.



ARM TRICEPS

Equipamento/Acessório: Cadillac ou Wall Unit.

Principais grupos musculares solicitados: Tríceps braquial.

Posição Inicial: Em pé sobre o assento do equipamento, com os ombros e cotovelos fletidos em um ângulo de aproximadamente 90 graus e as mãos segurando as alças em posição supinada. A coluna é mantida ereta e os pés afastados frontalmente.

Execução: Os cotovelos devem realizar uma extensão, mantendo-se a postura do tronco e a pelve estável. A volta para a posição inicial ocorre com a flexão dos cotovelos.

APÊNDICE B - Tabela Suplementar 1

Tabela Suplementar 1. Comparações em pares entre os grupos e tamanho de efeito.

Variável e grupos de comparação	Diferença média (IC95%)	Valor -p	Cohen's d
Aptidão cardiorrespiratória			
$\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min)			
Pilates vs. Aeróbio	0,6 (-1,7, 2,9)	1,000	0,16
Pilates vs. Combinado	-1,8 (-4,2, 0,6)	0,597	0,47
Pilates vs. Controle	5,5 (3,4, 7,6)	0,000	1,62
Aeróbio vs. Combinado	-2,4 (-4,7, 0,0)	0,289	0,66
Aeróbio vs. Controle	4,9 (2,9, 6,9)	0,000	1,52
Combinado vs. Controle	7,3 (5,3, 9,3)	0,000	2,22
Pico de torque isocínético			
Extensores joelho (N.m)			
Pilates vs. Aeróbio	6,4 (-3,2, 16,0)	0,517	0,41
Pilates vs. Combinado	-0,9 (-11,2, 9,4)	1,000	0,05
Pilates vs. Controle	5,4 (-2,9, 13,7)	1,000	0,40
Aeróbio vs. Combinado	-7,3 (-17,0, 2,4)	0,802	0,47
Aeróbio vs. Controle	-1,0 (-8,6, 6,6)	1,000	0,08
Combinado vs. Controle	6,3 (-2,1, 14,7)	1,000	0,47
Flexores do joelho (N.m)			
Pilates vs. Aeróbio	6,0 (-2,4, 14,4)	0,018	0,44
Pilates vs. Combinado	0,6 (-4,5, 5,7)	1,000	0,07
Pilates vs. Controle	5,1 (0,2, 10,0)	0,382	0,65
Aeróbio vs. Combinado	-5,4 (-14,0, 3,2)	0,025	0,39
Aeróbio vs. Controle	-0,9 (-9,4, 7,6)	1,000	0,07
Combinado vs. Controle	4,5 (-0,8, 9,8)	0,489	0,53
Extensores do cotovelo (N.m)			
Pilates vs. Aeróbio	3,0 (0,6, 5,4)	0,041	0,78
Pilates vs. Combinado	0,2 (-1,9, 2,3)	1,000	0,06
Pilates vs. Controle	1,5 (-0,7, 3,7)	0,489	0,43
Aeróbio vs. Combinado	-2,8 (-5,0, -0,6)	0,231	0,80
Aeróbio vs. Controle	-1,5 (-3,8, 0,8)	1,000	0,41
Combinado vs. Controle	1,3 (-0,6, 3,2)	1,000	0,42
Flexores do cotovelo (N.m)			
Pilates vs. Aeróbio	1,0 (-2,3, 4,3)	ns	0,19
Pilates vs. Combinado	1,5 (-1,6, 4,6)	ns	0,30
Pilates vs. Controle	2,7 (-0,8, 6,2)	ns	0,48
Aeróbio vs. Combinado	0,5 (-1,6, 2,6)	ns	0,15
Aeróbio vs. Controle	1,7 (-1,0, 4,4)	ns	0,39
Combinado vs. Controle	1,2 (-1,2, 3,6)	ns	0,31
Extensores do tronco (N.m)			
Pilates vs. Aeróbio	33,0 (14,0, 52,0)	0,023	1,08
Pilates vs. Combinado	18,2 (-2,6, 39,0)	0,213	0,54
Pilates vs. Controle	23,6 (5,7, 41,5)	0,103	0,82
Aeróbio vs. Combinado	-14,8 (-37,5, 7,9)	1,000	0,40
Aeróbio vs. Controle	-9,4 (-29,5, 10,7)	1,000	0,29
Combinado vs. Controle	5,4 (-16,4, 27,2)	1,000	0,15
Flexores do tronco (N.m)			
Pilates vs. Aeróbio	9,5 (0,3, 18,7)	0,240	0,64
Pilates vs. Combinado	4,8 (-6,4, 16,0)	1,000	0,27
Pilates vs. Controle	2,1 (-7,4, 11,6)	1,000	0,14

Aeróbio vs. Combinado	-4,7 (-14,7, 5,3)	1,000	0,29
Aeróbio vs. Controle	-7,4 (-15,5, 0,7)	1,000	0,57
Combinado vs. Controle	-2,7 (-13,0, 7,6)	1,000	0,16
Salto vertical contramovimento			
Altura do salto (cm)			
Pilates vs. Aeróbio	2,3 (1,0, 3,6)	0,014	1,09
Pilates vs. Combinado	1,8 (-0,3, 3,9)	0,212	0,54
Pilates vs. Controle	1,7 (0,5, 2,9)	0,037	0,88
Aeróbio vs. Combinado	-0,5 (-2,5, 1,5)	1,000	0,16
Aeróbio vs. Controle	-0,6 (-1,7, 0,5)	1,000	0,35
Combinado vs. Controle	-0,1 (-2,0, 1,8)	1,000	0,03
Pico de Força (N)			
Pilates vs. Aeróbio	31,3 (-32,7, 95,3)	1,000	0,30
Pilates vs. Combinado	31,9 (-55,2, 119,0)	1,000	0,23
Pilates vs. Controle	29,1 (-37,8, 96,0)	1,000	0,27
Aeróbio vs. Combinado	0,6 (-81,1, 82,3)	1,000	0,00
Aeróbio vs. Controle	-2,2 (-61,8, 57,4)	1,000	0,02
Combinado vs. Controle	-2,8 (-86,8, 81,2)	1,000	0,02
Pico de potência (W)			
Pilates vs. Aeróbio	176,1 (91,4, 260,8)	0,004	1,29
Pilates vs. Combinado	136,1 (9,0, 263,2)	0,060	0,66
Pilates vs. Controle	151,5 (64,1, 238,9)	0,019	1,07
Aeróbio vs. Combinado	-40,0 (-156,8, 76,8)	1,000	0,21
Aeróbio vs. Controle	-24,6 (-96,4, 47,2)	1,000	0,21
Combinado vs. Controle	15,4 (-103,5, 134,3)	1,000	0,08
Flexibilidade			
Tronco em extensão (°)			
Pilates vs. Aeróbio	2,8 (-2,8, 8,4)	1,000	0,31
Pilates vs. Combinado	4,2 (-0,7, 9,1)	1,000	0,53
Pilates vs. Controle	1,9 (-3,4, 7,2)	1,000	0,22
Aeróbio vs. Combinado	1,4 (-3,1, 5,9)	1,000	0,19
Aeróbio vs. Controle	-0,9 (-5,8, 4,0)	1,000	0,11
Combinado vs. Controle	-2,3 (-6,5, 1,9)	1,000	0,34
Tronco em flexão (°)			
Pilates vs. Aeróbio	11,3 (2,1, 20,5)	0,385	0,76
Pilates vs. Combinado	10,1 (1,2, 19,0)	0,486	0,71
Pilates vs. Controle	16,9 (8,0, 25,8)	0,001	1,18
Aeróbio vs. Combinado	-1,2 (-8,0, 5,6)	1,000	0,11
Aeróbio vs. Controle	5,6 (-1,2, 12,4)	0,213	0,51
Combinado vs. Controle	6,8 (0,4, 13,2)	0,155	0,66

IC95%: intervalo de confiança à 95%. ns: não significativo (o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis executa o post hoc Dunn-Bonferroni apenas quando a interação principal entre os grupos é significativa). Variáveis não paramétricas: Pico de torque (N.m) dos flexores do joelho, extensores do cotovelo, flexores do cotovelo e extensores do tronco.

APÊNDICE C - Tabela Suplementar 1

Tabela Suplementar 1. Comparações em pares entre os grupos e tamanho de efeito.

Variável e grupos de comparação	Diferença média (IC95%)	Valor -p	Cohen's d
Antropométricas			
Massa corporal (kg)			
Pilates vs. Aeróbio	0,8 (-0,5, 2,1)	1,000	0,37
Pilates vs. Combinado	-0,4 (-1,8, 1,0)	1,000	0,18
Pilates vs. Controle	-0,5 (-1,8, 0,8)	1,000	0,24
Aeróbio vs. Combinado	-1,2 (-2,5, 0,1)	0,368	0,57
Aeróbio vs. Controle	-1,3 (-2,5, -0,1)	0,148	0,68
Combinado vs. Controle	-0,1 (-1,4, 1,2)	1,000	0,05
IMC (kg/m ²)			
Pilates vs. Aeróbio	0,1 (-0,4, 0,6)	1,000	0,12
Pilates vs. Combinado	-0,2 (-0,8, 0,4)	1,000	0,22
Pilates vs. Controle	-0,2 (-0,7, 0,3)	1,000	0,23
Aeróbio vs. Combinado	-0,3 (-0,8, 0,2)	1,000	0,40
Aeróbio vs. Controle	-0,3 (-0,7, 0,1)	0,376	0,43
Combinado vs. Controle	0,0 (-0,5, 0,5)	0,243	0,00
Composição corporal total			
Massa gorda (kg)			
Pilates vs. Aeróbio	-0,5 (-1,4, 0,4)	1,000	0,33
Pilates vs. Combinado	-0,6 (-1,7, 0,5)	1,000	0,35
Pilates vs. Controle	-0,9 (-1,9, 0,1)	0,284	0,58
Aeróbio vs. Combinado	-0,1 (-1,0, 0,8)	1,000	0,07
Aeróbio vs. Controle	-0,4 (-1,2, 0,4)	1,000	0,30
Combinado vs. Controle	-0,3 (-1,3, 0,7)	1,000	0,19
Massa gorda (%)			
Pilates vs. Aeróbio	-0,6 (-1,5, 0,3)	ns	0,41
Pilates vs. Combinado	-0,4 (-1,4, 0,6)	ns	0,26
Pilates vs. Controle	-0,8 (-1,6, 0,0)	ns	0,61
Aeróbio vs. Combinado	0,2 (-0,7, 1,1)	ns	0,13
Aeróbio vs. Controle	-0,2 (-1,0, 0,6)	ns	0,16
Combinado vs. Controle	-0,4 (-1,3, 0,5)	ns	0,29
Massa magra (kg)			
Pilates vs. Aeróbio	1,0 (0,2, 1,8)	0,015	0,79
Pilates vs. Combinado	0,3 (-0,5, 1,1)	1,000	0,25
Pilates vs. Controle	0,5 (-0,3, 1,3)	0,642	0,40
Aeróbio vs. Combinado	-0,7 (-1,4, -0,1)	0,136	0,67
Aeróbio vs. Controle	-0,5 (-1,2, 0,2)	0,811	0,45
Combinado vs. Controle	0,2 (-0,5, 0,9)	1,000	0,19
IMM (kg/m ²)			
Pilates vs. Aeróbio	0,3 (0,0, 0,6)	ns	0,59
Pilates vs. Combinado	0,2 (-0,1, 0,5)	ns	0,39
Pilates vs. Controle	0,3 (0,0, 0,6)	ns	0,59
Aeróbio vs. Combinado	-0,1 (-0,4, 0,2)	ns	0,25
Aeróbio vs. Controle	0,0 (-0,3, 0,3)	ns	0,00
Combinado vs. Controle	0,1 (-0,2, 0,4)	ns	0,25
Distribuição regional			
Massa gorda do tronco (kg)			
Pilates vs. Aeróbio	-0,4 (-0,9, 0,1)	ns	0,52
Pilates vs. Combinado	-0,4 (-1,0, 0,2)	ns	0,44
Pilates vs. Controle	-0,2 (-0,7, 0,3)	ns	0,25
Aeróbio vs. Combinado	0,0 (-0,5, 0,5)	ns	0,00
Aeróbio vs. Controle	0,2 (-0,2, 0,6)	ns	0,31

Combinado vs. Controle	0,2 (-0,3, 0,7)	ns	0,25
Massa gorda de MMSS (kg)			
Pilates vs. Aeróbio	0,1 (0,0, 0,2)	ns	0,50
Pilates vs. Combinado	0,0 (-0,1, 0,1)	ns	0,00
Pilates vs. Controle	0,0 (-0,2, 0,2)	ns	0,00
Aeróbio vs. Combinado	-0,1 (-0,2, 0,0)	ns	0,50
Aeróbio vs. Controle	-0,1 (-0,3, 0,1)	ns	0,39
Combinado vs. Controle	0,0 (-0,2, 0,2)	ns	0,00
Massa gorda de MMII (kg)			
Pilates vs. Aeróbio	-0,1 (-0,6, 0,4)	ns	0,12
Pilates vs. Combinado	-0,1 (-0,6, 0,4)	ns	0,12
Pilates vs. Controle	-0,5 (-1,0, 0,0)	ns	0,62
Aeróbio vs. Combinado	0,0 (-0,4, 0,4)	ns	0,00
Aeróbio vs. Controle	-0,4 (-0,8, 0,0)	ns	0,57
Combinado vs. Controle	-0,4 (-0,8, 0,0)	ns	0,57
Massa magra do tronco (kg)			
Pilates vs. Aeróbio	0,2 (-0,4, 0,8)	1,000	0,22
Pilates vs. Combinado	0,0 (-0,5, 0,5)	1,000	0,00
Pilates vs. Controle	-0,2 (-0,7, 0,3)	1,000	0,23
Aeróbio vs. Combinado	-0,2 (-0,7, 0,3)	1,000	0,25
Aeróbio vs. Controle	-0,4 (-0,9, 0,1)	1,000	0,47
Combinado vs. Controle	-0,2 (-0,7, 0,3)	1,000	0,27
Massa magra de MMSS (kg)			
Pilates vs. Aeróbio	0,1 (0,0, 0,2)	0,954	0,50
Pilates vs. Combinado	0,0 (-0,1, 0,1)	1,000	0,00
Pilates vs. Controle	0,1 (0,0, 0,2)	1,000	0,63
Aeróbio vs. Combinado	-0,1 (-0,2, 0,0)	0,407	0,50
Aeróbio vs. Controle	0,0 (-0,1, 0,1)	1,000	0,00
Combinado vs. Controle	0,1 (0,0, 0,2)	1,000	0,63
Massa magra de MMII (kg)			
Pilates vs. Aeróbio	0,7 (0,3, 1,1)	0,000	1,17
Pilates vs. Combinado	0,2 (-0,1, 0,5)	1,000	0,36
Pilates vs. Controle	0,6 (0,3, 0,9)	0,014	1,18
Aeróbio vs. Combinado	-0,5 (-0,8, -0,2)	0,002	0,91
Aeróbio vs. Controle	-0,1 (-0,4, 0,2)	0,532	0,20
Combinado vs. Controle	0,4 (0,1, 0,7)	0,264	0,88

IMC: índice de massa corporal; IMM: índice de massa magra; MMSS: membros superiores; MMII: Membros inferiores. IC95%: intervalo de confiança à 95%. ns: não significativo (o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis executa o *post hoc* Dunn-Bonferroni apenas quando a interação principal entre os grupos é significativa). Variáveis não paramétricas: massa gorda (%), IMM (kg/m²), massa gorda do tronco (kg), massa gorda de MMSS (kg) e massa gorda de MMII (kg).

ANEXO A – Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q)

Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q)

Este questionário tem o 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:

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
2. Você sente dores no peito quando pratica atividade física?
☐ Sim ☐ Não
3. No último mês, você sentiu dores no peito quando praticou atividade física?
☐ Sim ☐ Não
4. Você apresenta desequilíbrio devido à tontura e/ ou perda de consciência?
☐ Sim ☐ Não
5. Você possui algum problema ósseo ou articular que poderia ser piorado pela atividade física?
☐ Sim ☐ Não
6. Você toma atualmente algum medicamento para pressão arterial e/ou problema de coração?
☐ Sim ☐ Não
7. Sabe de alguma outra razão pela qual você não deve praticar atividade física?
☐ Sim ☐ Não

Nome completo _____ Idade: _____

Data _____ Assinatura: _____

Se você respondeu "SIM" a uma ou mais perguntas, leia e assine o "Termo de Responsabilidade para Prática de Atividade Física"

Termo de Responsabilidade para Prática de Atividade Física

Estou ciente de que é recomendável conversar com um médico antes de aumentar meu nível atual de atividade física, por ter respondido "SIM" a uma ou mais perguntas do "Questionário de Prontidão para Atividade Física" (PAR-Q). Assumo plena responsabilidade por qualquer atividade física praticada sem o atendimento a essa recomendação.

Nome completo _____

Data _____ Assinatura: _____

ANEXO B – COMITÊ DE ÉTICA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE DO PARANÁ - UENP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Comparação da eficácia do Pilates, treino aeróbio e combinação destas modalidades na aptidão física em adultos jovens: um ensaio clínico randomizado

Pesquisador: Raphael Gonçalves de Oliveira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 78737224.2.0000.8123

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.857.922

Apresentação do Projeto:

Conforme declarado no Projeto de Pesquisa trata-se de um estudo experimental, controlado e aleatorizado, cego para os avaliadores, onde irá comparar o exercício Pilates com exercício aeróbico em mulheres adultas jovens saudáveis que tenham a idade entre 18 a 35 anos. As participantes irão ser divididas em quatro grupos paralelos (1- Pilates; 2- treino aeróbio; 3- Pilates + treino aeróbio; e 4- controle). As avaliações e intervenções ocorrerão no Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, município de Jacarezinho, estado do Paraná, Brasil.

Objetivo da Pesquisa:

Primário: Comparar a eficácia do Pilates, treino aeróbio e a combinação destas modalidades, na aptidão cardiorrespiratória e composição corporal em mulheres adultas jovens saudáveis.

Secundário: Comparar a eficácia do Pilates, treino aeróbio e a combinação destas modalidades, na flexibilidade, força e potência muscular em mulheres adultas jovens saudáveis.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

1) Risco físico de dor, ou desconforto muscular, ou articulares após os exercícios, fadiga (cansaço), desequilíbrios ou tontura, câibras ou tonturas e quedas. Risco mitigado, pois um

Endereço: Rodovia BR 369, Km 54, s/n., Caixa Postal 261

Bairro: Vila Maria

CEP: 86.360-000

UF: PR

Município: BANDEIRANTES

Telefone: (43)3542-8056

E-mail: cep@uenp.edu.br

Continuação do Parecer: 8.857.922

avaliador da equipe estará preparado para intervir com técnicas de analgesia (diminuição da dor) e relaxamento muscular, ou até mesmo custear outro tratamento se necessário.

2) Danos psicológicos serão de responsabilidade dos pesquisadores deste estudo, os quais arcarão com custos de qualquer assistência ou tratamento para algum dano associado a esta pesquisa, pelo tempo que for necessário.

Benefícios:

Considerando todos os aspectos negativos do sedentarismo, este projeto poderá trazer diversos benefícios para as participantes, como:

- Aumento da força e massa muscular, já que exercícios de resistência, como levantamento de peso e exercícios de peso corporal, aumentam a força muscular e a densidade óssea, ajudando na prevenção da osteoporose e reduzindo o risco de lesões. Além disso, músculos mais fortes facilitam a realização de atividades diárias, como levantar objetos pesados, subir escadas e realizar tarefas domésticas. Além disso, o aumento da resistência

muscular permite que indivíduos mantenham o esforço por períodos mais longos, melhorando sua capacidade de realizar atividades físicas.

- Melhora do desempenho físico, já que há benefícios em relação também a melhora da flexibilidade, mobilidade articular, coordenação motora e equilíbrio.

- Melhora da saúde cardiovascular, já que exercícios aeróbios, como corrida, fortalecem o coração, aumentam a capacidade pulmonar e melhoram a circulação sanguínea, reduzindo o risco de doenças cardíacas.

- Melhora da saúde mental, já que a atividade física libera hormônios que promovem uma sensação de bem-estar, reduzem o estresse, a ansiedade

e a depressão, melhorando o humor e a qualidade do sono.

- Previne e diminui mortalidade por doenças crônicas como pressão alta e diabetes;

- Proporciona socialização e convivência tanto com os membros da equipe quanto com outras participantes da pesquisa;

- Contribuição científica de novas informações sobre os efeitos do Pilates e treino aeróbio em diferentes componentes da aptidão física (aptidão

cardiorrespiratória, composição corporal, força muscular, potência muscular e flexibilidade).

Além disso, o estudo irá recrutar 80 participantes que não realizam atividade física há no mínimo seis meses, o que possibilitará a inserção desses

participantes que encontram dificuldades/barreiras para seguirem uma rotina de exercícios. A

Endereço: Rodovia BR 369, Km 54, s/n., Caixa Postal 261

Bairro: Vila Maria

CEP: 86.360-000

UF: PR

Município: BANDEIRANTES

Telefone: (43)3542-8056

E-mail: cep@uenp.edu.br

Continuação do Parecer: 6.857.922

nível social, o estudo possibilitará interação entre os participantes, troca de experiências e consecutivamente bem-estar, podendo influenciar positivamente na qualidade de vida dos mesmos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Critério de Inclusão:

a) mulheres, com idade entre 18 e 35 anos; b) que não tenham realizado atividade física sistematizada nos últimos 6 meses; c) que concordem em não praticar outro tipo de exercício durante a pesquisa; d) que respondam o Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q) e estejam aptas à prática de atividade física.

Critério de Exclusão:

a) mulheres com problemas musculoesqueléticos ou neurológicos que possam afetar o desempenho durante o exercício; b) doenças cardiovasculares ou respiratórias conhecidas; c) comprometimento cognitivo que leve à incapacidade de seguir comandos simples; d) não concordar em assinar o TCLE; e) ser tabagista; f) estar grávida.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O protocolo de pesquisa apresenta adequadamente os termos de apresentação obrigatória: folha de rosto assinada e carimbada, cronograma e orçamento (custeio do próprio pesquisador). TCLE, Termos de anuência profissional e/ou institucional.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendência referente ao termo de anuência do responsável pelo local onde será realizado o projeto foi inserido. Portanto, caro pesquisador o seu projeto foi aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa-CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS n. 466 de 2012 e na Norma Operacional n. 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa.

Após o término da pesquisa encaminhar relatório final ao CEP.

Endereço: Rodovia BR 369, Km 54, s/n., Caixa Postal 261

Bairro: Vila Maria

CEP: 86.360-000

UF: PR

Município: BANDEIRANTES

Telefone: (43)3542-8056

E-mail: cep@uenp.edu.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE DO PARANÁ - UENP



Continuação do Parecer: 6.857.922

Atenciosamente,
CEP/UENP

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2299572.pdf	03/05/2024 14:01:35		Aceito
Outros	Respostas.pdf	03/05/2024 13:58:48	Raphael Gonçalves de Oliveira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Termo_de_Anuencia.pdf	03/05/2024 13:58:16	Raphael Gonçalves de Oliveira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	28_03_2024_Projeto.pdf	28/03/2024 13:52:55	Raphael Gonçalves de Oliveira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	28_03_2024_TCLE_Anexo_1.pdf	28/03/2024 13:50:39	Raphael Gonçalves de Oliveira	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rostoassinada.pdf	08/03/2024 09:52:47	Raphael Gonçalves de Oliveira	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BANDEIRANTES, 29 de Maio de 2024

Assinado por:
Emiliana Cristina Melo
(Coordenador(a))

Endereço: Rodovia BR 369, Km 54, s/n., Caixa Postal 261

Bairro: Vila Maria

CEP: 86.360-000

UF: PR

Município: BANDEIRANTES

Telefone: (43)3542-8056

E-mail: cep@uenp.edu.br