



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA



HUGO AUGUSTO MAGALHÃES SOUZA

**A IMPORTÂNCIA DO TRABALHO AERÓBICO EXTENSIVO
(ZONA 2) NA PERFORMANCE DE CICLISTAS COMPETITIVOS**

OURO PRETO - MG
2026

HUGO AUGUSTO MAGALHÃES SOUZA

hugo.magalhaes@aluno.ufop.edu.br

**A IMPORTÂNCIA DO TRABALHO AERÓBICO EXTENSIVO
(ZONA 2) NA PERFORMANCE DE CICLISTAS COMPETITIVOS**

Monografia apresentada ao Curso de Educação Física da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Professor orientador: Dr. Kelerson Moura de Castro Pinto

**OURO PRETO – MG
2026**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S729a Souza, Hugo Augusto Magalhaes.
A importância do trabalho aeróbico extensivo (zona 2) na
performance de ciclistas competitivos. [manuscrito] / Hugo Augusto
Magalhaes Souza. - 2026.
39 f.: . + 4 figuras e 7 tabelas.

Orientador: Prof. Dr. Kelerson Moura de Castro Pinto.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Educação Física. Graduação em Educação Física .
Área de Concentração: Esportes.

1. Ciclismo. 2. Corridas de bicicletas - Treinamento. 3. Competição
(Esportes). 4. Treino aeróbico. I. Pinto, Kelerson Moura de Castro. II.
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 796.61

Bibliotecário(a) Responsável: Angela Maria Raimundo - SIAPE: 1.644.803



FOLHA DE APROVAÇÃO

Hugo Augusto Magalhães Souza

A importância do trabalho aeróbico extensivo (Zona 2) na *performance* de ciclistas competitivos

Monografia apresentada ao Curso de Educação Física da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel

Aprovada em 6 de fevereiro de 2026

Membros da banca

Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto- Orientador Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Washington Pires- Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Paulo Ernesto Antonelli - Universidade Federal de Ouro Preto

Kelerson Mauro de Castro Pinto, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/02/2026



Documento assinado eletronicamente por **Kelerson Mauro de Castro Pinto**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/02/2026, às 21:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Silvio Ricardo da Silva**, **CHEFE DO DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA**, em 27/02/2026, às 01:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1066260** e o código CRC **B600FB0A**.

Dedico esse trabalho aos meus pais, meus irmãos e amigos pelo apoio constante.

À pequena Sofia (*in memoriam*)

Aos professores por todo conhecimento compartilhado.

AGRADECIMENTO

Gostaria de expressar minha profunda gratidão. Primeiramente: Aos meus familiares e amigos, pelo apoio incondicional e por estarem presentes em cada desafio e conquista ao longo da graduação.

Ao meu orientador, Dr. Kelerson Moura de Castro Pinto, pelas valiosas contribuições, pela paciência e pelo incentivo. Seus ensinamentos foram a base para o desenvolvimento deste trabalho e uma grande inspiração.

A toda equipe Bicycle pelos anos de aprendizado compartilhados

Aos professores do curso de educação física, por transmitirem tanto conhecimento e me prepararem para os próximos desafios profissionais.

E, por fim, à vida republicana de Ouro Preto e à República Canil, pela experiência incrível de crescimento pessoal, amizades e aprendizados.

“Tem um ditado antigo: 'Aquilo que não te mata te fortalece'. Eu não acredito nisso. Acho que as coisas que tentam te matar te deixam com raiva e triste. A força vem das coisas boas — sua família, seus amigos, a satisfação do trabalho duro. Essas são as coisas que te manterão inteiro. Essas são as coisas para se apegar quando você estiver quebrado.”

Jackson Teller

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo analisar o impacto do trabalho aeróbico extensivo (Zona 2 – (Zona de treinamento de intensidade leve a moderada que é constituída por 56% - 76% do FTP - *Functional Threshold Power*) no desenvolvimento e desempenho de ciclistas competitivos. Busca-se compreender as adaptações fisiológicas e metabólicas decorrentes desse tipo de treinamento, bem como sua aplicabilidade nos programas de preparação voltados ao rendimento desta modalidade esportiva. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, baseada em estudos científicos nacionais e internacionais, com foco nas modalidades de ciclismo de estrada e mountain bike. A análise dos estudos evidencia que o treinamento em Zona 2 promove adaptações fisiológicas relevantes, como aumento da densidade mitocondrial, melhora da eficiência oxidativa, maior oxidação lipídica, deslocamento do limiar de lactato para intensidades mais elevadas e aprimoramento da economia de esforço. Também são observadas adaptações circulatórias, incluindo aumento do volume plasmático e do volume sistólico, além de modificações no perfil das fibras musculares, favorecendo um fenótipo mais oxidativo. Conclui-se que o treinamento aeróbico extensivo constitui a base do desenvolvimento do desempenho em ciclistas de *endurance*, sendo uma estratégia eficiente e sustentável quando integrada de forma planejada a estímulos de maior intensidade, respeitando as demandas fisiológicas da modalidade e os princípios da periodização do treinamento.

Palavras-chave: Ciclismo, Corrida de bicicleta - treinamento, Competições (esporte), Treinamento aeróbico

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the impact of extensive aerobic training (Zone 2 – a light-to-moderate intensity training zone corresponding to 56%–76% of FTP -Functional Threshold Power) on the development and performance of competitive cyclists. The objective was to understand the physiological and metabolic adaptations resulting from this type of training, as well as its applicability in training programs focused on performance in this sport. This study is a narrative literature review based on national and international scientific studies, with a focus on road cycling and mountain biking disciplines. The analysis of the studies indicates that Zone 2 training promotes relevant physiological adaptations, such as increased mitochondrial density, improved oxidative efficiency, greater fat oxidation, a shift of the lactate threshold to higher intensities, and enhanced exercise economy. Circulatory adaptations are also observed, including increases in plasma volume and stroke volume, in addition to changes in muscle fiber profile, favoring a more oxidative phenotype. It is concluded that extensive aerobic training constitutes the foundation for performance development in endurance cyclists, representing an efficient and sustainable strategy when systematically integrated with higher-intensity stimuli, while respecting the physiological demands of the sport and the principles of training periodization.

Keywords: Cycling, Bicycle racing — training, Competitions (sport), Aerobic training

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Medidor de potência SIGEYI	19
Figura 2 - Software de análise de treino - WKO5	19
Figura 3 - Principais aplicações práticas medidores de potência	20
Figura 4 - Modelo Polarizado X Piramidal	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Modalidades Tradicionais	13
Quadro 2 - Modalidades Outdoor A	14
Quadro 3 - Modalidades Outdoor B	15
Quadro 4 - Modalidades Paraciclismo	15
Quadro 5 - Modalidades Indoor	16
Quadro 6 - Zonas de intensidade através da potência	22
Quadro 7 - Adaptações fisiológicas provenientes da Zona 2	31

LISTA DE SÍMBOLOS

$\dot{V}O_2máx$ – Consumo máximo de oxigênio

LV1 – Limiar Ventilatório 1

LV2 – Limiar Ventilatório 2

Pmax – Potência máxima atingida pelo ciclista

FTP - *Functional Threshold Power*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	MÉTODOLOGIA.....	9
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
3.1	Contextualização do ciclismo	10
3.2	Aspectos Fisiológicos	17
3.3	Zonas de treinamento e controle de intensidade.....	18
3.4	Métodos de treinamento e distribuição de intensidade.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1	Aumento da densidade mitocondrial e eficiência oxidativa.....	25
4.2	Melhora da oxidação lipídica e eficiência metabólica.....	26
4.3	Redução da produção de lactato	26
4.4	Fatores Circulatórios.....	27
4.5	Adaptações nas fibras musculares	29
4.6	Comparação com maiores intensidades.....	29
5	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	33

1 INTRODUÇÃO

O ciclismo exerce influência na vida contemporânea, consolidando-se como uma prática de importância global. Em diversos países, a bicicleta é amplamente utilizada como meio de transporte sustentável, contribuindo significativamente para a mobilidade urbana e para a redução dos impactos ambientais associados ao uso intensivo de veículos motorizados. O crescimento da infraestrutura urbana, como a ampliação de ciclovias e ciclofaixas, reflete o aumento da adesão populacional a esse meio de deslocamento e o crescente interesse de gestores públicos na segurança e na integração da bicicleta ao sistema de transporte urbano, fenômeno observado tanto no Brasil quanto em contextos internacionais. (MULVANEY et al., 2015; AHMED et al., 2024)

Além de seu caráter funcional, o ciclismo configura-se também como uma prática recreativa e de lazer, abrangendo diferentes faixas etárias e níveis de aptidão física. Crianças, adultos e idosos encontram na bicicleta uma atividade acessível e prazerosa, praticada não necessariamente com fins competitivos, mas como forma de lazer, convívio social e bem-estar psicológico. Trata-se de uma modalidade de baixo custo, que demanda infraestrutura mínima e se mostra democrática e inclusiva, acessível a distintas classes socioeconômicas e amplamente difundida no território nacional. (LIMA et al., 2019)

Sob o ponto de vista da saúde pública e da fisiologia do exercício, o ciclismo apresenta reconhecida importância na promoção da saúde e na prevenção de doenças crônicas. Evidências científicas indicam que a prática regular do ciclismo está associada à melhoria da aptidão cardiorrespiratória, redução do risco de doenças cardiovasculares, controle da pressão arterial, melhora da sensibilidade à insulina, além de favorecer à redução da adiposidade corporal e efeitos positivos sobre a saúde mental e emocional. Dessa forma, a bicicleta transcende sua função esportiva, configurando-se como instrumento de integração social, sustentabilidade e promoção integral da saúde humana. (AHMED et al., 2024; WHITE et al., 2024)

Além disso, A segurança no trânsito é essencial para incentivar o uso da bicicleta e reduzir acidentes com ciclistas. Estudos mostram que a presença de infraestrutura cicloviária dedicada, como ciclovias segregadas fisicamente do tráfego de veículos motorizados, está associada à redução do risco de colisões e melhora a convivência entre

ciclistas e motoristas, tornando o ambiente urbano mais seguro para todos. Quanto mais segregadas e contínuas forem essas estruturas, menores são as exposições perigosas entre bicicletas e carros, o que contribui para uma mobilidade ativa mais segura e eficiente. (SCHEPERS; TWISK; FISHMAN; FYHRI; JENSEN, 2015)

O ciclismo, enquanto modalidade esportiva, apresenta ampla diversidade de modalidades e submodalidades, cada uma com características técnicas, fisiológicas e ambientais específicas, exigindo abordagens de diferentes métodos de treinamento. No contexto do ciclismo tradicional, identifica-se uma variedade de especialidades organizadas em grandes grupos, de acordo com o terreno, o tipo de bicicleta, demandas biomecânicas e capacidades físicas predominantes. As principais modalidades do ciclismo podem ser classificadas em grupos fundamentais: BMX, Ciclismo de estrada, Ciclismo de pista, Cyclocross, E-Sports, Gravel, Indoor, Mountain Bike, Paraciclismo e Trials. As quais serão descritas com maiores detalhes na página 11. (FALLON; HERON, 2024)

Sobre métodos de treinamento, entende-se se tratar de uma abordagem sistemática e organizada para a prescrição e condução de estímulos físicos e motores, em que se manipulam de modo planejado e intencional as variáveis de treino, com o objetivo de provocar adaptações fisiológicas, morfológicas e de desempenho específicos em indivíduos ou grupos, considerando os princípios do treinamento esportivo. (SILVA et al., 2011)

Dentre os diversos métodos de treinamento empregados ao longo da temporada competitiva de um ciclista, destacam-se duas abordagens. A primeira consiste na ênfase no trabalho aeróbico extensivo, com destaque para sessões realizadas predominantemente na Zona 2, caracterizadas por alto volume e de baixa intensidade, favorecendo adaptações fisiológicas específicas associadas ao metabolismo oxidativo. Em contraposição, existem metodologias que direcionam maior foco para intervenções baseadas em esforços de alta intensidade, estruturadas para gerar estímulos mais vigorosos e provocar respostas fisiológicas rápidas. (SCHNEEWEISS et al., 2022; STÖGGL; SPERLICH, 2015).

Destarte, este trabalho tem como objetivo analisar sistematicamente o conteúdo científico disponível sobre o impacto do trabalho aeróbico extensivo (Zona 2 - Zona de treinamento de intensidade leve a moderada que é constituída por 56% - 76% do FTP - *Functional Threshold Power*) no desenvolvimento e desempenho de ciclistas competitivos.

Busca-se compreender as adaptações fisiológicas e metabólicas decorrentes desse tipo de treinamento, bem como sua aplicabilidade prática nos programas de preparação voltados ao rendimento esportivo.

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão narrativa, fundamentado em publicações científicas e materiais acadêmicos disponíveis em bases de dados reconhecidas internacionalmente. O objetivo central dessa etapa foi reunir e analisar criticamente as evidências existentes acerca do impacto do trabalho aeróbico extensivo (Zonas 2) sobre o desempenho fisiológico e competitivo de ciclistas de rendimento.

A busca e seleção das referências foram realizadas em bases de dados eletrônicas de relevância científica, incluindo essencialmente o PubMed, mas também o MDPI Journals e SciELO Brasil, além de livros digitais e publicações acadêmicas de acesso público. Essas plataformas foram escolhidas por sua credibilidade e abrangência na área das ciências do esporte, fisiologia do exercício e treinamento esportivo.

A revisão da literatura consiste em identificar, examinar e apresentar o conhecimento já produzido sobre um determinado tema, com a finalidade de esclarecer questões específicas da pesquisa. Esse processo envolve reunir e analisar diferentes tipos de materiais relevantes, como livros, artigos, documentos históricos e trabalhos acadêmicos. (ROTHER 2007)

Além disso, destaca-se que a revisão de literatura do tipo narrativa se caracteriza por uma busca e análise crítica da produção científica sem seguir métodos sistemáticos ou critérios de seleção previamente definidos. Nesse formato, não é obrigatório investigar todas as fontes disponíveis, nem utilizar estratégias de busca complexas. Dessa forma, a escolha dos estudos e a interpretação dos resultados podem refletir a visão e a subjetividade do autor, estratégia que se encaixa melhor para o presente estudo. (ROTHER 2007)

Com isso, reforça-se que revisões narrativas são consideradas abordagens tradicionais ou exploratórias, pois não possuem uma estrutura metodológica rígida. A seleção dos textos ocorre de forma mais flexível e não há exigência de exaurir todas as fontes de informação sobre o assunto. (CORDEIRO et al. 2007)

Por fim, enfatiza-se que revisões narrativas são adequadas para apresentar e discutir o desenvolvimento ou o “estado da arte” de um tema, especialmente quando se pretende abordar o conteúdo a partir de uma perspectiva teórica ou contextual. Esse tipo de revisão não descreve detalhadamente os procedimentos de busca nem os critérios utilizados para avaliar e selecionar os estudos, concentrando-se principalmente na análise crítica da literatura disponível e na interpretação do autor. (ROTHER 2007)

Para a identificação inicial dos estudos pertinentes ao tema, foram empregadas palavras-chave em português e inglês, utilizando combinações como: “*treinamento ciclismo*”, “*ciclismo de alto rendimento*”, “*prescrição de treinamento ciclismo*”, “*impacto aeróbico*”, “*treinamento aeróbico*”, “*endurance cycling training*”, “*aerobic zones*” e “*training zones cycling*”. A busca priorizou artigos publicados nos últimos 10 anos, contemplando estudos experimentais, revisões sistemáticas, metanálises e ensaios aplicados ao contexto do ciclismo competitivo.

Os critérios de inclusão consideraram publicações que abordassem o trabalho aeróbico extensivo, suas adaptações fisiológicas associadas, diferentes métodos de treinamento para ciclistas competitivos e suas relevâncias no desempenho.

Dessa forma, todo o conteúdo obtido e analisado a partir das referências selecionadas serviu de base para a interpretação crítica e fundamentação teórica do presente trabalho, resultando em uma síntese estruturada sobre a importância e o impacto do treinamento aeróbico extensivo na preparação de ciclistas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Contextualização do ciclismo

Inicialmente é importante destacar que o ciclismo é um esporte extremamente diverso, com uma pluralidade de modalidades e submodalidades, sendo que cada uma emprega características próprias sobre seus aspectos físicos, fisiológicos, técnicos e afins. (FALLON; HERON, 2024)

Dentre as modalidades tradicionais do ciclismo, reconhecidas pela UCI (União Ciclistica Internacional) podemos destacar e especificar 10 delas:

- **Cyclocross** é uma modalidade que combina elementos do ciclismo de estrada e do mountain bike, realizada em circuitos curtos com terrenos variados, como: grama, lama, areia e obstáculos artificiais. A dinâmica da prova exige do atleta elevada capacidade aeróbica, explosão muscular e habilidade técnica, uma vez que frequentemente há trechos que demandam desmontar e carregar a bicicleta.
- **Gravel** constitui uma modalidade relativamente mais recente e em crescente popularização. As provas são realizadas predominantemente em estradas de terra, cascalho e superfícies mistas, exigindo do ciclista elevada resistência aeróbica, estabilidade e capacidade de manter ritmos prolongados em terrenos irregulares.
- **Ciclismo de Pista** apresenta a maior diversidade interna, englobando dez modalidades específicas, realizadas em velódromos, pistas ovais de alta velocidade. Cada prova demanda diferentes combinações de potência, tática e resistência, sendo amplamente utilizada para avaliação da performance anaeróbica e da capacidade de manutenção de potência em esforços intensos e breves.
- **BMX** compreende duas subdivisões principais: o BMX Racing, disputado em pistas curtas com rampas e curvas fechadas, exigindo elevada potência e coordenação. Além disso, o BMX Freestyle, voltado à execução de manobras técnicas em parques ou ambientes urbanos, com ênfase na habilidade motora e no controle corporal.
- **Mountain Bike** modalidade amplamente difundida no Brasil. Cada submodalidade apresenta demandas fisiológicas e técnicas específicas, variando de esforços intermitentes de longa duração até sprints explosivos e descidas íngremes e técnicas.
- **Ciclismo de Estrada** abrange três modalidades principais que vão desde provas de resistência, até curtas e intensas, além das provas por estágios. Essa categoria é considerada uma das mais tradicionais e amplamente praticadas no contexto competitivo.
- **Paraciclismo** destina-se a atletas com deficiências físicas ou visuais, sendo regulamentado pela União Ciclista Internacional (UCI) e pelo Comitê Paralímpico Internacional (IPC). Engloba provas em estrada, pista, handbike e tandem, promovendo a inclusão e a equidade esportiva

- **Trials** caracteriza-se por ser uma modalidade altamente técnica, cujo objetivo é superar obstáculos naturais ou artificiais sem apoiar os pés no solo. Exige elevado controle de equilíbrio, precisão motora e força isométrica.
- **E-Sports** referem-se às competições realizadas em plataformas digitais, como ‘Zwift’, que simulam percursos e condições de prova em ambiente virtual. Essa categoria tem crescido significativamente devido à sua acessibilidade, controle das variáveis de desempenho e integração com o treinamento de ciclistas competitivos.
- **Ciclismo Indoor** no contexto competitivo, engloba modalidades artísticas e modalidades com bola, realizadas em quadras específicas. Esse conjunto inclui o Ciclismo Artístico, que envolve apresentações coreografadas com elevada exigência técnica, e o Cycle-Ball, uma modalidade de jogo coletivo que demanda agilidade, precisão e coordenação avançada.

Portanto, se torna importante citar cada uma das submodalidades do ciclismo atual (Tabelas 1-5):

Quadro 1 - Modalidades Tradicionais

TRADICIONAL	
PISTA	Sprint
	Team Sprint
	Keirin
	Perseguição Individual
	Perseguição em Equipe
	Corrida por Pontos
	Madison
	Omnium
	Corrida de Arrancada
	Contrarrelógio
CICLISMO DE ESTRADA	Corrida de Estrada
	Contrarrelógio
	Contrarrelógio por Equipes

Ciclismo tradicional: prática do ciclismo em ambientes externos ou internos, como estradas e velódromos, com bicicletas que se assemelham na sua mecânica, aerodinâmica e afins.

Fonte: (FALLON; HERON, 2024)

Quadro 2 - Modalidades Outdoor A

OUTDOOR A	
MOUNTAIN BIKE	Cross-Country Olímpico
	Cross-Country Maratona
	Cross-Country Pista curta
	Cross-Country Eliminator
	Downhill
	Enduro
	Four-Cross
	Pump Track
	Snow Bike
	E-Mountain Bike
CYCLOCROSS	Cyclocross
GRAVEL	Corrida de Gravel

Ciclismo outdoor: prática do ciclismo em ambientes externos, como estradas e trilhas, com variação de terreno, ritmo e condições ambientais.

Fonte: (FALLON; HERON, 2024)

Quadro 3 - Modalidades Outdoor B

OUTDOOR B	
BMX	Corrida de BMX
	Parque BMX Freestyle
	BMX Freestyle Flatland
TRIALS	20 polegadas
	26 polegadas

Ciclismo outdoor: prática do ciclismo em ambientes externos, como estradas e trilhas, com variação de terreno, ritmo e condições ambientais.

Fonte: (FALLON; HERON, 2024)

Quadro 4 - Modalidades Paraciclismo

PARACICLISMO	
PARACICLISMO	Corrida de Estrada
	Contrarrelógio
	Ciclismo de pista
	Bicicleta de mão
	Triciclo
	Tandem

Paraciclismo: modalidade do ciclismo adaptada para atletas com deficiência, realizada em ambientes externos ou controlados, com equipamentos específicos e foco no desempenho esportivo.

Fonte: (FALLON; HERON, 2024)

Quadro 5 - Modalidades Indoor

INDOOR	
E-SPORT	Ciclismo E-Sport
CICLISMO INDOOR	Cycle Ball
	Ciclismo Artístico

Ciclismo indoor: práticas realizadas em ambientes fechados e controlados, com foco em desempenho, técnica e controle motor.

Fonte: (FALLON; HERON, 2024)

Sendo assim, torna-se evidente que cada uma das modalidades que compõem o ciclismo apresenta características próprias e demandas fisiológicas específicas, determinadas por fatores como a duração e intensidade do esforço, o tipo de terreno, a dinâmica competitiva e os aspectos técnicos de cada prova. (FALLON; HERON, 2024)

Dentro desse contexto, o presente estudo delimitou seu foco na análise dos impactos do trabalho aeróbico extensivo, especialmente aquele realizado em Zona 2 de intensidade nas modalidades de Mountain Bike e Ciclismo de Estrada, bem como em suas respectivas sub modalidades competitivas, como o cross-country olímpico, maratona; e as provas de resistência e contra-relógio no ciclismo de estrada.

Além disso, observa-se que ambas as modalidades têm como base fisiológica predominante o metabolismo aeróbico, sendo este o principal responsável pela manutenção do desempenho em esforços prolongados. Assim, a literatura evidencia que o desenvolvimento e o aprimoramento da capacidade aeróbica constituem elementos essenciais para o rendimento competitivo. (REZNIK et al., 2013)

Dessa forma, compreender os efeitos e adaptações fisiológicas provenientes do trabalho aeróbico extensivo sobre o desempenho de ciclistas de competição é fundamental para sustentar estratégias de treinamento baseadas em evidências científicas, que

maximizem o desempenho e contribuam para a periodização adequada das cargas ao longo da temporada. (REZNIK et al., 2013)

3.2 Aspectos Fisiológicos

O trabalho aeróbico, característico em todas as modalidades esportivas, porém com grande destaque para as modalidades que envolvem longas durações ou maiores volumes de esforço, promove adaptações fisiológicas centrais e periféricas que estariam diretamente relacionadas à melhoria do desempenho em esportes de *endurance*. (MEIXNER et al., 2025)

Do ponto de vista metabólico, esse tipo de treinamento (aeróbico) favorece o aumento da capacidade oxidativa muscular, sobretudo pela maior eficiência do metabolismo mitocondrial na produção de ATP em intensidades submáximas. Em atletas de provas de maior volume, os esforços prolongados estão associados a uma maior utilização de ácidos graxos como substrato energético, o que contribui para a economia de glicogênio muscular e para a manutenção do desempenho ao longo de provas de longa duração. Além disso, fica evidente que em indivíduos com maior desenvolvimento aeróbico está relacionado a uma menor taxa de produção e acúmulo de lactato em intensidades submáximas, resultado de uma maior capacidade de oxidação do piruvato e de reutilização do lactato como substrato energético. Esse ajuste metabólico é particularmente relevante em competições de longa duração, nas quais a capacidade de sustentar potência por longos períodos é determinante para o resultado esportivo. (GONZÁLEZ-HARO et al., 2007; HOPKER et al., 2017; MØLMEN; ALMQUIST; SKATTEBO, 2025; VAN DER ZWAARD; BROCHERIE; JASPERS, 2021).

No que se refere aos aspectos circulatórios e musculares, o treinamento aeróbico induz adaptações que aumentam a eficiência do transporte e da utilização de oxigênio pelos músculos ativos. Entre essas adaptações destacam-se o aumento do volume plasmático, aumento da capilarização muscular, a melhora do débito cardíaco submáximo e aumento do número de fibras do tipo 1. Essas respostas reduzem o custo fisiológico do exercício em intensidades moderadas, permitindo que os atletas sustentem determinada potência com menor solicitação relativa dos sistemas cardiovascular e metabólico, fator diretamente

associado à melhoria da economia de movimento e da resistência ao esforço prolongado. (JOYNER; COYLE, 2007; PLOTKIN et al., 2021).

3.3 Zonas de treinamento e controle de intensidade

Para a adequada compreensão deste estudo, faz-se necessário apresentar os principais conceitos, terminologias e instrumentos de medição empregados no ciclismo competitivo, os quais são essenciais para a análise do desempenho e do desenvolvimento fisiológico dos atletas.

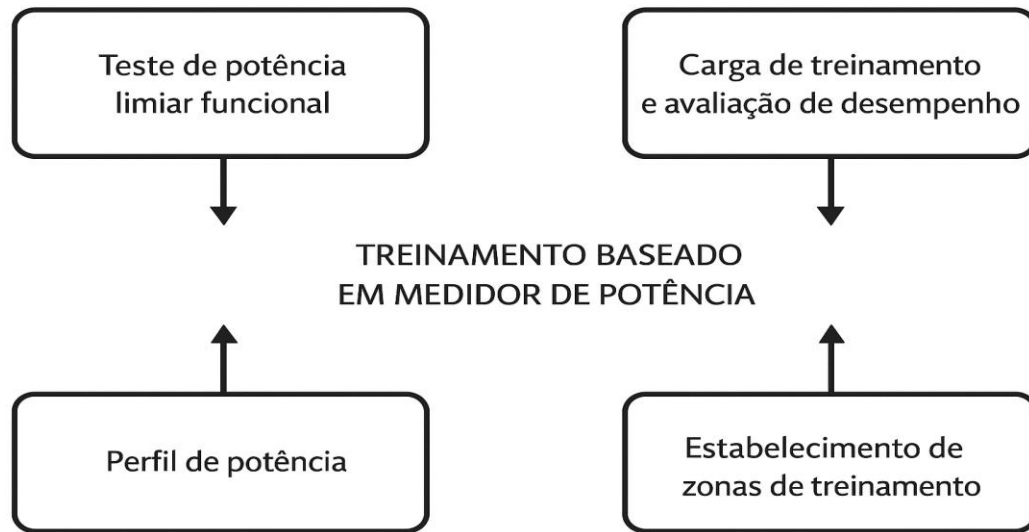
Nesse sentido, antes de discutir especificamente o impacto do treinamento aeróbico extensivo, faz-se imprescindível definir o conceito de Zona 2 e suas formas de mensuração. O presente trabalho adota, como referência, a classificação proposta por Allen e Coggan pela primeira vez em 2006, estruturada em sete zonas de treinamento baseadas na relação percentual com o Limiar de Potência Funcional (FTP) ou parâmetros fisiológicos equivalentes, as intensidades por esses fatores medidas. (ALLEN; COGGAN, 2006)

Para tal abordagem, parte-se inicialmente da definição de potência, variável central para o controle e a prescrição do treinamento de ciclistas atualmente. Embora “potência” seja um termo amplamente utilizado na Educação Física, neste estudo adota-se o significado mecânico definido pela equação fundamental ‘*Potência = Força × Velocidade*’. (ALLEN; COGGAN, 2010)

Essa variável é mensurada por meio de medidores de potência, dispositivos atualmente difundidos no meio esportivo, fabricados por marcas como Garmin, Quarq, Sigeyi (figura 1), SRM, entre outras.

Entre as inúmeras aplicações práticas dos medidores de potência, destacam-se: a estimativa do Limiar de Potência Funcional (FTP); a construção do perfil de potência individual; o controle longitudinal da carga de treinamento; a avaliação de adaptações crônicas e agudas; a definição de zonas de intensidade específicas e individualizadas, entre outros (SITKO et al., 2020).

Figura 3 - Principais aplicações práticas medidores de potência



Fonte: (SITKO et al., 2020).

A determinação desses valores de referência ocorre, majoritariamente, por meio de testes realizados em campo ou em ambientes controlados, cuja finalidade é quantificar parâmetros fisiológicos e mecânicos relevantes para o desempenho. (SITKO et al., 2020).

Dentre esses parâmetros, sobressai-se o FTP (*Functional Threshold Power*), definido muitas vezes como a maior potência que um ciclista é capaz de sustentar em um estado estável por aproximadamente 30 a 70 minutos, ou cerca de uma hora. Em termos fisiológicos, o FTP representa uma estimativa da carga correspondente ao estado estável metabólico máximo, também conhecido como limiar de controle metabólico ou limiar funcional, relacionando-se de maneira estreita ao limiar de lactato. Frequentemente, o FTP é estimado por meio do teste de 20 minutos, no qual se utiliza aproximadamente 95% da potência média obtida para aproximação do valor correspondente à potência de uma hora. (VINETTI et al., 2023)

Enquanto o limiar de lactato é determinado predominantemente pela intensidade de exercício em que seu corpo começa a produzir ácido lactato mais rápido do que consegue eliminá-lo, causando um acúmulo que leva à fadiga muscular e à queda de desempenho, o FTP reflete primordialmente a aptidão metabólica muscular, ou seja, a capacidade do músculo esquelético de equilibrar a produção aeróbica de ATP com a taxa de utilização dessa energia durante o exercício contínuo. Desse modo, embora ambos representem marcadores importantes de desempenho aeróbico, expressam componentes fisiológicos distintos, mas complementares. (HOPPELER, 2018; VALENZUELA et al., 2018)

A partir dessas métricas, estabelece-se a Zona 2 de treinamento, classificada como uma intensidade leve a moderada, geralmente associada aos níveis 2 a 3 da escala de Borg. É definida como a faixa entre 56% e 75% do FTP (Quadro 6). Esta zona, juntamente com a Zona 3, integra o espectro do treinamento aeróbico extensivo, caracterizado pela predominância do metabolismo oxidativo, elevada eficiência energética, menor acúmulo de lactato e capacidade de sustentação prolongada do esforço. (ALLEN; COGGAN, 2010)

Quadro 6 - Zonas de intensidade através da potência

INTENSITY ZONES				
Zone	Name	% of FTP	Borg Scale	Physiology
1	<i>Active Recovery</i>	<i>< 55</i>	<i>< 2</i>	<i>Recovery</i>
2	<i>Endurance</i>	<i>56 - 75</i>	<i>2 - 3</i>	<i>Aerobic Endurance (extensive)</i>
3	<i>Tempo</i>	<i>76 - 90</i>	<i>3 - 4</i>	
4	<i>Lactate Threshold</i>	<i>91 - 105</i>	<i>4 - 5</i>	<i>Aerobic power</i>
5	<i>VO₂máx</i>	<i>106 - 120</i>	<i>6 - 7</i>	<i>Max Aerobic</i>
6	<i>Anaerobic Capacity</i>	<i>121 - 150</i>	<i>> 7</i>	<i>Anaerobic power (intensive)/ Maximal power</i>
7	<i>Neuromuscular Power</i>	<i>N/A</i>	<i>Maximal</i>	

VO₂máx: capacidade máxima do organismo de captar, transportar e utilizar oxigênio durante o exercício.

FTP: maior potência média que o ciclista consegue sustentar por aproximadamente 60 minutos.

Endurance: faixa de intensidade moderada, geralmente entre 56–76% do FTP, voltada ao desenvolvimento da base aeróbica.

Fonte: (ALLEN; COGGAN, 2010).

Portanto, a Zona 2 constitui o foco central deste estudo, uma vez que representa um dos pilares do desenvolvimento aeróbico em ciclistas competitivos.

3.4 Métodos de treinamento e distribuição de intensidade

Método de treinamento pode ser compreendido como a forma sistematizada pela qual os estímulos do treinamento são organizados e aplicados, considerando a manipulação planejada de variáveis como volume, intensidade, densidade e frequência, com o objetivo de provocar adaptações fisiológicas específicas e otimizar o desempenho esportivo. (SILVA et al., 2011)

Para a comparação entre os modelos de treinamento polarizado e piramidal, será adotado o modelo de três zonas de intensidade, o qual se fundamenta em parâmetros fisiológicos associados aos limiares ventilatórios. Nesse modelo, a Zona 1 corresponde a intensidades abaixo do primeiro limiar ventilatório (LV1), caracterizando esforços de baixa intensidade; a Zona 2 compreende intensidades situadas entre o LV1 e o segundo limiar ventilatório (LV2), representando esforços de intensidade moderada; e a Zona 3 refere-se a intensidades acima do LV2, associadas a esforços de alta intensidade (SKINNER; MCLELLAN, 1980; SEILER; KJERLAND, 2006).

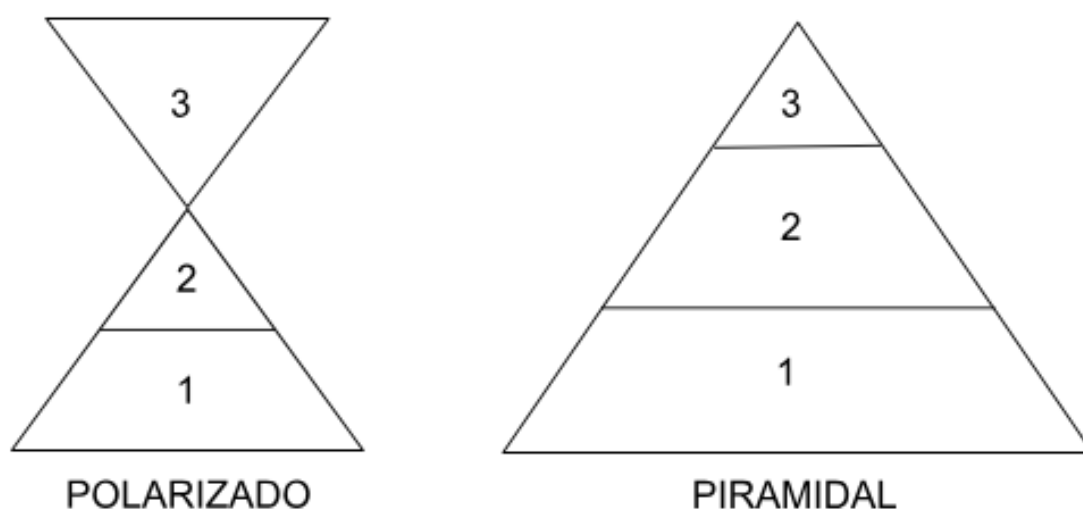
A organização da carga de treinamento no ciclismo competitivo pode ser compreendida a partir da distribuição da intensidade do esforço ao longo das diferentes zonas fisiológicas, definidas pelo FTP explicado anteriormente nesse artigo. Neste estudo destaca-se dois modelos de treinamento: polarizado e piramidal. Esses modelos se baseiam na divisão clássica das intensidades em zonas, frequentemente associadas aos limiares fisiológicos e também aos níveis de potência propostos por Allen e Coggan, os quais permitem a individualização da prescrição do treinamento por meio do uso da potência. (ALLEN; COGGAN, 2010; SELLES-PÉREZ; FERNÁNDEZ-SÁEZ; CEJUELA, 2019)

O modelo de periodização polarizado caracteriza-se por uma distribuição assimétrica do volume de treino ao decorrer de toda a temporada, na qual uma parte do tempo é realizada em baixas intensidades, predominantemente na Zona 1 (abaixo do primeiro limiar ventilatório ou aeróbico), enquanto uma grande parcela é destinada a altas intensidades, concentradas na Zona 3 (acima do segundo limiar ventilatório ou próximo ao $VO_{2máx}$). Nesse modelo, o tempo gasto em intensidades moderadas, correspondentes à Zona 2, é deliberadamente reduzido. Dessa forma, o treinamento polarizado enfatiza extensos volumes de trabalho aeróbico de baixa intensidade, associados a estímulos intensos, visando maximizar adaptações centrais e periféricas do sistema aeróbico, como o aumento do débito cardíaco máximo e da capacidade oxidativa muscular, mas também os fatores ligados a capacidade anaeróbica. (SELLES-PÉREZ; FERNÁNDEZ-SÁEZ; CEJUELA, 2019)

Em contraste, o modelo de treinamento piramidal apresenta uma distribuição de intensidade progressivamente decrescente das zonas mais baixas para as mais altas,

formando um perfil em formato de pirâmide. Embora priorize o trabalho em baixa intensidade (Zona 1), esse modelo inclui uma proporção significativamente maior de sessões em intensidade moderada, correspondente à Zona 2, na divisão clássica de 3 zonas, quando comparado ao modelo polarizado. As intensidades elevadas, associadas à Zona 3, são utilizadas em menor volume. Assim, o treinamento piramidal promove uma combinação mais equilibrada entre o desenvolvimento da base aeróbica extensiva e o estímulo próximo aos limiares fisiológicos. (SELLES-PÉREZ; FERNÁNDEZ-SÁEZ; CEJUELA, 2019)

Figura 4 - Modelo Polarizado X Piramidal



Fonte: (SELLES-PÉREZ; FERNÁNDEZ-SÁEZ; CEJUELA, 2019)

A partir dessa perspectiva, observa-se que o trabalho aeróbico extensivo em Zona 2, dentro da classificação de 7 zonas citado anteriormente, assume papel distinto dentro de cada modelo. No treinamento piramidal, a Zona 2 representa um componente central da estrutura do treinamento, contribuindo de forma direta para adaptações metabólicas. Já no modelo polarizado, embora o volume em baixa intensidade seja reduzido, o trabalho aeróbico extensivo continua presente, que também sustenta o desenvolvimento da base aeróbica necessária para tolerar estímulos intensos. (OLIVEIRA; BOPPRE; FONSECA, 2024)

Dessa maneira, ambos os modelos apresentam relevância prática para o ciclismo competitivo, porém diferem na ênfase atribuída ao treinamento aeróbico extensivo, especialmente na Zona 2. (STÖGGL; SPERLICH, 2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo deste trabalho foi analisar o impacto do trabalho aeróbico extensivo (Zona 2 - Zona de treinamento de intensidade leve a moderada que é constituída por 56% - 76% do FTP) no desenvolvimento e desempenho de ciclistas competitivos, buscando compreender as adaptações fisiológicas e metabólicas decorrentes desse tipo de treinamento. Entre todos os efeitos crônicos mais documentados destacam-se o aumento da densidade mitocondrial, capilarização muscular, eficiência de oxidação de lipídios, redução da produção de lactato, melhora na eficiência de uso do oxigênio e modificações no perfil de fibras musculares. Esse conceito é amplamente conhecido por atletas e treinadores no ciclismo de elite, incluindo os recentes campeões do Tour de France, que incorporam frequentemente o treino na Zona 2, dedicando aproximadamente 80% do seu tempo de treino a esta intensidade. (MEIXNER et al., 2025)

4.1 Aumento da densidade mitocondrial e eficiência oxidativa

Considerando que a biogênese mitocondrial desempenha papel central no aumento da capacidade de produção de ATP por meio da fosforilação oxidativa, sendo um dos principais determinantes do desempenho em esforços prolongados característicos do ciclismo competitivo (DUMKE et al., 2009). Evidências provenientes da literatura indicam que atletas de *endurance* de alto desempenho apresentam maior densidade e funcionalidade mitocondrial no músculo esquelético, condição diretamente associada a uma utilização mais eficiente do oxigênio, maior capacidade de oxidação de substratos energéticos e, conseqüentemente, melhor eficiência metabólica durante o exercício aeróbico de longa duração. (MØLMEN; ALMQUIST; SKATTEBO, 2025)

Nesse contexto, feita uma revisão que analisa os efeitos do treinamento aeróbico extensivo em diferentes modalidades esportivas, incluindo o ciclismo, observou-se que o treinamento de resistência de longa duração e baixa intensidade, caracterizado também pela zona 2, promove adaptações crônicas que ampliam a capacidade oxidativa das fibras musculares, sobretudo por meio do aumento do conteúdo mitocondrial (MATOMÄKI, 2025; VAN DER ZWAARD; BROCHERIE; JASPERS, 2021). Além disso, o mesmo trabalho destaca que a exposição excessiva a sessões de alta intensidade, pode comprometer

tais adaptações, reforçando, portanto, a relevância do trabalho em Zona 2 como estratégia fundamental para o desenvolvimento e a manutenção da base aeróbica em ciclistas competitivos durante a temporada.

4.2 Melhora da oxidação lipídica e eficiência metabólica

Análises comparativas envolvendo 34 atletas de *endurance* de alto rendimento incluindo: triatletas, ciclistas de estrada e pilotos de mountain bike, submetidos a testes de cicloergômetro até a exaustão, evidenciaram que os atletas de triatlo e ciclismo de estrada apresentam maior eficiência metabólica, no que se refere à oxidação lipídica. (GONZÁLEZ-HARO et al., 2007)

Além disso, outro estudo que também investigou ciclistas e triatletas, comparando os impactos fisiológicos das diferentes zonas de intensidade sobre o metabolismo energético demonstram que atletas com maior volume de treinamento realizado em intensidades correspondentes à Zona 2 ou zonas fisiologicamente equivalentes, em sua periodização, apresentam maior eficiência na oxidação lipídica durante o exercício. (VASQUEZ-BONILLA et al., 2022).

Treinamentos realizados em intensidades correspondentes à Zona 2 promovem adaptações que potencializam a utilização de ácidos graxos como substrato energético durante o exercício, uma vez que a oxidação lipídica aumenta de forma significativa em esforços prolongados, refletindo maior eficiência metabólica e preservação das reservas de glicogênio. Esses dados sugerem que a predominância de sessões de treino em Zona 2 nos atletas de ciclismo de estrada e triatlo, relacionada a especificidade da modalidade, no que se diz à maior duração de tempo das competições, contribui de maneira relevante para a otimização da eficiência metabólica observada. (GONZÁLEZ-HARO et al., 2007; MAUNDER; PLEWS; KILDING, 2018; VASQUEZ-BONILLA et al., 2022)

4.3 Redução da produção de lactato

Ao analisar dados provenientes de 14 ciclistas de alto rendimento submetidos a um período de treinamento de campo realizado, na primavera no Canadá, com duração média de 10 dias, caracterizado predominantemente por sessões de baixa intensidade e alto

volume (superior a três horas contínuas diárias, em média), comumente utilizadas a zona 2 de treinamento, foram observadas adaptações fisiológicas relevantes. Os resultados indicaram um deslocamento positivo do limiar de lactato para potências mais elevadas, evidenciando que os atletas passaram a sustentar intensidades absolutas superiores com menor dependência das vias glicolíticas, mantendo o predomínio do metabolismo oxidativo, com isso, aumentando sua eficiência para competições de longa duração. (HOPKER et al., 2017)

Adicionalmente, o estudo apontou melhorias na capacidade de oxidação do lactato, sugerindo um aumento na contribuição da utilização desse substrato como fonte energética durante esforços submáximos prolongados. Para além das adaptações metabólicas, foram identificados aumentos na potência máxima (P_{max}) dos atletas.

Ainda assim, os pesquisadores também encontraram dados que associavam o protocolo de treinamento extensivo com à redução de fadiga mental, estresse e estados afetivos negativos, quando comparado a períodos de treinamento concentrados em sessões consecutivas de alta intensidade, indicando também benefícios adicionais do trabalho aeróbico extensivo para o equilíbrio emocional dos ciclistas. (HOPKER et al., 2017)

Com isso, o treinamento aeróbico extensivo, realizado predominantemente em intensidades correspondentes à Zona 2, promove adaptações metabólicas relevantes que resultam no deslocamento do limiar de lactato para potências mais elevadas, além do aprimoramento da utilização do lactato como substrato energético, reduzindo a dependência das vias glicolíticas em esforços submáximos. Como consequência, ciclistas treinados passam a sustentar maiores intensidades absolutas com menor acúmulo de lactato, favorecendo a manutenção do desempenho em provas de longa duração. (HOPKER et al., 2017; HUGHES; ELLEFSEN; BAAR, 2018; STÖGGL; SPERLICH, 2015)

4.4 Fatores Circulatórios

Um estudo clássico que compara o resultado expressivo em competições de atletas de alto rendimento e suas principais questões fisiológicas em esportes de *endurance*, especialmente ciclistas e corredores, indicam que atletas campeões nessas modalidades apresentam valores elevados de VO_{2max} . Esses resultados estão associados a adaptações

fisiológicas decorrentes do treinamento de resistência, entre as quais se destacam o aumento do volume sistólico cardíaco, a expansão do volume sanguíneo, entre outros. (Dentre essas adaptações, o aumento do volume sistólico é apontado como o fator mais determinante para os elevados valores de $VO_{2máx}$, por sua influência direta no débito cardíaco e na capacidade de transporte de oxigênio. (JOYNER; COYLE, 2007)

Segundo Joyner e Coyle, (2007) o treinamento característico dos esportes de *endurance*, realizado com elevado volume em intensidades predominantemente aeróbicas, como a zona 2, promove adaptações circulatórias positivas que contribuem diretamente para a melhora do desempenho competitivo dos atletas.

Aliado a isso, revisões sistemáticas e metanálises indicam que o treinamento aeróbico crônico realizado em intensidades predominantemente submáximas, como citado, promove adaptações circulatórias relevantes, como aumento do volume sistólico, expansão do volume plasmático e melhora da função vascular, resultando em maior eficiência no transporte e na utilização de oxigênio durante o exercício. Essas adaptações reduzem o custo cardiovascular para uma mesma carga de trabalho, favorecendo a manutenção do desempenho em esforços prolongados típicos do ciclismo. Adicionalmente, tais respostas fisiológicas estão associadas à melhora da saúde cardiovascular e à redução do risco de doenças cardíacas, reforçando os benefícios do treinamento aeróbico extensivo tanto para o rendimento esportivo quanto para a saúde a longo prazo. (PINCKARD; BASKIN; STANFORD, 2019; NYSTORIAK; BHATNAGAR, 2018).

No que tange ao incremento do número de capilares ao redor das fibras musculares, uma revisão com o objetivo de resumir o conhecimento atual sobre os mecanismos adaptativos vasculares induzidos pelo treinamento físico que contribuem para o aumento da condutância vascular sanguínea no músculo esquelético indica que essa adaptação constitui uma resposta fisiológica relevante ao treinamento aeróbico crônico, especialmente quando realizado em baixa intensidade e alto volume, como no trabalho em Zona 2. Relatando também que o aumento da densidade capilar reduz a distância de difusão do oxigênio entre o sangue e as mitocôndrias musculares, otimizando o transporte e a disponibilidade de O_2 para a fosforilação oxidativa. (LAUGHLIN; ROSEGUINI, 2008)

Dessa forma, esse tipo de treinamento contribui para um fornecimento mais contínuo e eficiente de oxigênio durante esforços prolongados, favorecendo a manutenção do metabolismo aeróbico e o desempenho sustentado em ciclistas competitivos. (JOYNER; COYLE, 2007)

4.5 Adaptações nas fibras musculares

Com tudo, um estudo que revisou dados de tipos de fibras musculares de atletas de rendimento de diversas modalidades, incluindo as de *endurance* como o ciclismo, evidencia que o treinamento de resistência promove adaptações no perfil de fibras musculares, direcionando-as para um fenótipo mais oxidativo. Fibras do tipo I, predominantes em músculos adaptados a esforços de longa duração, apresentam elevada densidade mitocondrial, maior capilarização e níveis superiores de mioglobina, favorecendo o transporte intracelular de oxigênio (PLOTKIN et al., 2021). Dessa forma, as adaptações fisiológicas induzidas por treinos em Zona 2 podem conduzir a essas modificações, potencializando a eficiência metabólica e funcional do atleta dentro das demandas específicas das modalidades abordadas neste estudo. (PLOTKIN et al., 2021; YAN et al., 2011).

4.6 Comparação com maiores intensidades

Por fim, evidências em ciclistas treinados demonstram que programas com maior predominância de treinamento aeróbico extensivo (Zona 2) podem promover adaptações crônicas semelhantes às observadas em modelos com maior concentração de intensidades elevadas, porém com menor estresse fisiológico, menor desgaste neuromuscular e melhor tolerância ao volume total de treino. Estudos indicam que ciclistas que realizam a maior parte do treinamento em intensidades aeróbicas apresentam ganhos comparáveis em desempenho aeróbico, potência sustentada e limiares fisiológicos, quando comparados a atletas expostos de forma recorrente a sessões de alta intensidade, especialmente ao longo de períodos prolongados da temporada (SEILER; KJERLAND, 2006; STÖGGL; SPERLICH, 2015).

Além disso, protocolos com maior ênfase em intensidades elevadas estão associados a maior carga interna, maior percepção de esforço, maior fadiga residual e necessidade

ampliada de recuperação, podendo comprometer a consistência do treinamento ao longo do tempo. Em contraste, o predomínio do trabalho aeróbico extensivo permite maior volume semanal com menor impacto negativo sobre o sistema nervoso central e menor risco de acúmulo de fadiga crônica, favorecendo a manutenção do desempenho e a estabilidade fisiológica durante a temporada competitiva (HOPKER ET AL., 2017; STÖGGL; SPERLICH, 2015; SYMONS; BRUCE; MAIN, 2023).

Revisões sistemáticas indicam que em atletas de *endurance*, distribuições de intensidade com maior volume em baixa intensidade resultam em melhorias de desempenho semelhantes às obtidas com maior exposição a treinos intensos, porém com menor complexidade operacional, maior sustentabilidade a longo prazo e menor incidência de respostas negativas associadas ao excesso de estímulos intensos. (OLIVEIRA; BOPPRE; FONSECA, 2024; SELLES-PÉREZ; FERNÁNDEZ-SÁEZ; CEJUELA, 2019)

Dessa forma, o treinamento aeróbico extensivo configura-se como uma estratégia eficiente e sustentável para o desenvolvimento crônico do desempenho em ciclistas competitivos, especialmente quando integrado de forma estratégica ao calendário competitivo. (MEIXNER et al., 2025), como demonstrado no quadro abaixo (quadro 7), que nos apresenta um resumo de todas as implicações positivas do trabalho da zona 2 de treinamento para ciclistas competitivos. (ALLEN; COGGAN, 2010)

Quadro 7 - Adaptações fisiológicas provenientes da Zona 2

ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS – Zona 2	
Tipo de adaptação	Nível
Aumento do volume plasmático	+
Aumento das enzimas mitocondriais musculares	++
Aumento do limiar de lactato	++
Aumento do armazenamento de glicogênio muscular	++
Hipertrofia das fibras musculares de contração lenta	+
Aumento da capilarização muscular	+
Conversão das fibras musculares de contração rápida	++
Aumento do volume sistólico/ débito cardíaco máximo	+
Aumento do VO2 max	+

Adaptações Fisiológicas: Alterações funcionais e estruturais nos sistemas orgânicos em resposta a estímulos externos, visando maior eficiência.

Fonte: (ALLEN; COGGAN, 2010)

Destarte, as adaptações descritas acima influenciam diretamente a eficiência competitiva dos ciclistas. Atletas com melhor desenvolvimento do sistema aeróbico conseguem manter maiores potências sustentadas por períodos mais longos, demonstram menor acúmulo de fadiga metabólica e apresentam maior economia de esforço em provas prolongadas. Por exemplo, uma maior densidade capilar e capacidade oxidativa permite que mais oxigênio seja disponibilizado às mitocôndrias e utilize-o de forma eficiente para produção de ATP, o que reduz a dependência relativa de vias anaeróbicas e retarda o limiar de fadiga. Em contextos de competições, isso se traduz em melhores tempos de prova, maior capacidade de manter ritmos elevados e redução do tempo de recuperação entre esforços intensos.

5 CONCLUSÃO

A análise da literatura científica realizada neste estudo permite concluir que o treinamento aeróbico extensivo, especialmente aquele conduzido em Zona 2 de intensidade, desempenha papel fundamental no desenvolvimento fisiológico e no desempenho de ciclistas competitivos. As evidências indicam que esse tipo de estímulo promove adaptações centrais e periféricas relevantes, como o aumento da densidade mitocondrial, da capilarização muscular, da eficiência oxidativa, da oxidação lipídica e do limiar de lactato, fatores diretamente relacionados à capacidade de sustentar potência por longos períodos em modalidades de *endurance*.

Os dados apresentados reforçam que o elevado volume de treinamento em intensidades leves e moderadas contribui para a melhoria da eficiência metabólica e circulatória, reduzindo o custo fisiológico do exercício submáximo e favorecendo a economia de esforço durante competições prolongadas, além de agregar com benefícios em relação a continuidade positiva do esporte reduzindo fatores como estresse, ansiedade e raiva em relação a ciclos que priorizem a intensidade nos treinos, em competições de ciclismo de estrada e mountain bike. Dessa forma, o trabalho em Zona 2 configura-se como base essencial da preparação física, sustentando o desempenho aeróbico e a tolerância às cargas impostas ao longo da temporada.

Entretanto, o desempenho competitivo no ciclismo não depende exclusivamente do treinamento na Zona 2. A literatura evidencia a necessidade de incluir estímulos realizados em zonas de alta intensidade, fundamentais para o desenvolvimento da potência aeróbica máxima, da capacidade anaeróbica e da resposta a esforços decisivos característicos das competições. Assim, o treinamento aeróbico extensivo deve ser integrado a sessões de maior intensidade, respeitando a especificidade de cada modalidade, submodalidade e perfil competitivo e fase da temporada.

Conclui-se, portanto, que a eficácia do treinamento no ciclismo competitivo está associada à adequada combinação entre o trabalho aeróbico extensivo e os estímulos de alta intensidade, organizados de forma planejada e periodizada, com base nas demandas fisiológicas específicas de cada prova. Essa abordagem integrada permite maximizar as

adaptações fisiológicas e otimizar o desempenho esportivo ao longo do processo de treinamento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALLEN, Hunter; COGGAN, Andrew R. **Training and racing with a power meter**. 1. ed. Boulder: VeloPress, 2006.

ALLEN, Hunter; COGGAN, Andrew R. **Training and racing with a power meter**. 2. ed. Boulder: VeloPress, 2010.

AHMED, Rafael; FERNANDES, Rômulo Araújo; TURI-LYNCH, Bruna Camilo; ARAUJO, Monique Yndawe Castanho; FERRO, Izabela dos Santos; GOBBO, Luis Alberto; ZANUTO, Everton Alex Carvalho; CODOGNO, Jamile Sanches. **Impact of cycling and walking on adiposity and healthcare costs among adults: longitudinal study**. Directory of Open Access Journals (DOAJ). Disponível em: https://doaj.org/article/299216805ac146aead46867423b76d04?utm_source=chatgpt.com.

Acesso em: 05 nov. 2025.

AHMED, T.; PIRDAVANI, A.; WETS, G.; JANSSENS, D. **Bicycle infrastructure design principles in urban bikeability indices: a systematic review**. Sustainability, v. 16, n. 6, p. 2545, 2024. DOI: 10.3390/su16062545. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/6/2545>. Acesso em: 29 out. 2025.

CORDEIRO, Alexander Magno et al. **Revisão sistemática: uma revisão narrativa**. Rev. Col. 2007.

DUMKE, Charles L.; DAVIS, J. Mark; MURPHY, E. Angela; NIEMAN, David C.; CARMICHAEL, Martin D.; QUINDRY, John C.; TRIPLETT, N. Travis; UTTER, Alan C.; GROSS GOWIN, Sarah J.; HENSON, Dru A.; MCANULTY, Steven R.; MCANULTY, Lisa S. **Successive bouts of cycling stimulates genes associated with mitochondrial biogenesis**. European Journal of Applied Physiology, v. 107, n. 4, p. 419-427, 2009. DOI: 10.1007/s00421-009-1143-1. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19657668/>. Acesso em: 20 jan. 2026.

FALLON, Thomas; HERON, Neil; et al. **A systematic review protocol of injuries and illness across all the competitive cycling disciplines, including track cycling, mountain biking, road cycling, time trial, cyclocross, gravel cycling, BMX freestyle, BMX racing, e-sport, para-cycling and artistic cycling.** *Frontiers in Sports and Active Living*, v. 6, p. 1385832, 25 out. 2024. DOI: 10.3389/fspor.2024.1385832. PMCID: PMC11543440; PMID: 39526252. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11543440/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

GONZÁLEZ-HARO, C.; GALILEA, P. A.; GONZÁLEZ-DE-SUSO, J. M.; DROBNIC, F.; ESCANERO, J. F. **Maximal lipidic power in high competitive level triathletes and cyclists.** *British Journal of Sports Medicine*, v. 41, n. 1, p. 23–28, 2007. DOI: 10.1136/bjsm.2006.029603. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2465139/>. Acesso em: 06 jan. 2026

HOPKER, James; COLEMAN, Daniel; PASSFIELD, Louis; WILES, John; BIEBER, Lee; CARDOSO, Filipe; et al. **Physiological and psychological adaptations of trained cyclists to spring cycling camps.** *Journal of Sports Science & Medicine*, v. 16, n. 4, p. 589–600, 2017. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.04.001. PMCID: PMC6231346; PMID: 28983478. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6231346/>. Acesso em: 05 jan. 2026

HOPPELER, Hans. **Deciphering $\dot{V}O_{2,max}$: limits of the genetic approach.** *Journal of Experimental Biology*, v. 221, p. jeb164327, 2018. DOI: 10.1242/jeb.164327. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30381476/>. Acesso em: 10 nov. 2025

HUGHES, David C.; ELLEFSEN, Stian; BAAR, Keith. ***Adaptations to endurance and strength training: current insights and questions.*** *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, v. 8, n. 6: a029769, 1 jun. 2018. DOI: 10.1101/cshperspect.a029769. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5983157/>. Acesso em: 20 jan. 2026.

JOYNER, Michael J.; COYLE, Edward F. **Endurance exercise performance: the physiology of champions.** *The Journal of Physiology*, v. 586, pt. 1, p. 35–44, 27 set. 2007. DOI: 10.1113/jphysiol.2007.143834. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2375555/>. Acesso em: 12 jan. 2026

LAUGHLIN, M. H.; ROSEGUINI, B. **Mechanisms for exercise training-induced increases in skeletal muscle blood flow capacity: differences with interval sprint training versus**

aerobic endurance training. Journal of Physiology and Pharmacology, v. 59, Suppl. 7, p. 71–88, 2008. PMID: PMC2654584. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2654584/>. Acesso em: 20 jan. 2026.

LIMA, D. F.; LIMA, L. A.; JÚNIOR, O. M.; SILVA, M. P.; JÚNIOR, A. P. da S.; PIOVANI, V. G. S.; ANGUERA, M. das G. **Associação da atividade física de lazer e do deslocamento ocupacional com a caminhada e o ciclismo: um estudo transversal com brasileiros adultos.** Repositório Institucional da UFSC, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/241773>. Acesso em: 29 out. 2025.

MATOMÄKI, Pekka. **Why low-intensity endurance training for athletes?** European Journal of Applied Physiology, v. 125, n. 9, p. 2401–2407, 27 jun. 2025. DOI: 10.1007/s00421-025-05843-w. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12423243/>. Acesso em: 26 jan. 2026.

MAUNDER, Ed; PLEWS, Daniel J.; KILDING, Andrew E. **Contextualising maximal fat oxidation during exercise: determinants and normative values.** *Frontiers in Physiology*, v. 9, art. 599, 23 maio 2018. DOI: 10.3389/fphys.2018.00599. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5974542/>. Acesso em: 13 jan. 2026.

MEIXNER, B.; FILIPAS, L.; HOLMBERG, H.-C.; SPERLICH, B. **Zone 2 intensity: a critical comparison of individual variability in different submaximal exercise intensity boundaries.** *Translational Sports Medicine*, v. 2025, art. 2008291, Feb. 2025. DOI: 10.1155/tsm2/2008291. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11986187/>. Acesso em: 05 jan. 2026

MØLMEN, Knut Sindre; ALMQUIST, Nicki Winfield; SKATTEBO, Øyvind. **Effects of exercise training on mitochondrial and capillary growth in human skeletal muscle: a systematic review and meta-regression.** *Sports Medicine*, v. 55, n. 1, p. 115–144, Jan. 2024. DOI: 10.1007/s40279-024-02120-2. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11787188/>. Acesso em: 05 jan. 2026

MULVANEY, C. A.; SMITH, S.; WATSON, M. C.; PARKIN, J.; COUPLAND, C.; MILLER, P.; KENDRICK, D.; McCLINTOCK, H. **Cycling infrastructure for reducing cycling injuries in cyclists.** *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015, Art.

CD010415. DOI: 10.1002/14651858.CD010415.pub2. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26661390/>. Acesso em: 29 out. 2025.

NYSTORIAK, Matthew A.; BHATNAGAR, Aruni. *Cardiovascular Effects and Benefits of Exercise*. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 5, p. 135, 2018. DOI: 10.3389/fcvm.2018.00135. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6172294/>. Acesso em: ____ .

OLIVEIRA, Pedro Silva; BOPPRE, Giorjines; FONSECA, Hélder. **Comparison of Polarized Versus Other Types of Endurance Training Intensity Distribution on Athletes' Endurance Performance: A Systematic Review with Meta-analysis**. *Sports Medicine*, v. 54, n. 8, p. 2071–2095, 8 maio 2024. DOI: 10.1007/s40279-024-02034-z. PMCID: PMC11329428; PMID: 38717713. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11329428/>. Acesso em: 23 jan. 2026 .

PINCKARD, Kelsey; BASKIN, Kedryn K.; STANFORD, Kristin I. *Effects of Exercise to Improve Cardiovascular Health*. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 6, p. 69, Jun. 2019. DOI: 10.3389/fcvm.2019.00069. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6557987/>. Acesso em: 23 jan. 2026 .

PLOTKIN, Daniel L.; ROBERTS, Michael D.; HAUN, Cody T.; SCHOENFELD, Brad J. **Muscle fiber type transitions with exercise training: shifting perspectives**. *Sports*, v. 9, n. 9, p. 127, 10 set. 2021. DOI: 10.3390/sports9090127. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8473039/> /. Acesso em: 12 jan. 2026

REZNIK, L.; SANZ, M.; PÉREZ, M.; GARCÍA, M.; PERONNET, F.; LAGUNA, F.; CALBET, J. A. L.; MORA-RODRÍGUEZ, R. **Physiological determinants of endurance performance in well-trained cyclists**. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 28, n. 10, p. 2909–2918, 2013. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000489. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3659296/> Acesso em: 10 nov. 2025

ROTHER, Edna Terezinha. **Revisión sistemática X Revisión narrativa**. *Acta paulista de enfermagem*, v. 20, p. v-vi, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ape/a/z7zZ4Z4GwYV6FR7S9FHTByr/#:~:text=Um%20artigo%20de> .Acesso em: 12 nov. 2025.

SCHEPERS, P. et al. ***The Dutch road to a high level of cycling safety***. Safety Science, v. 92, p. 264–273, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279520382_The_Dutch_road_to_a_high_level_of_cycling_safety. Acesso em: 09 fev. 2026.

SCHNEEWEISS, P.; SCHELLHORN, P.; HAIGIS, D.; NIESS, A. M.; MARTUS, P.; KRAUSS, I. **Effect of two different training interventions on cycling performance in mountain bike cross-country Olympic athletes**. Sports, v. 10, n. 4:53, 2022. DOI: 10.3390/sports10040053. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9031322/>. Acesso em: 07 nov. 2025.

SEILER, S.; KJERLAND, G. Ø. **Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution?** *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Hoboken, v. 16, n. 1, p. 49–56, 2006.

SELLES-PÉREZ, Sergio; FERNÁNDEZ-SÁEZ, José; CEJUELA, Roberto. **Polarized and pyramidal training intensity distribution: relationship with a half-Ironman distance triathlon competition**. Journal of Sports Science & Medicine, v. 18, n. 4, p. 708-715, 19 nov. 2019. PMCID: PMC6873141; PMID: 31827355. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6873141/>. Acesso em: 17 nov. 2025

SILVA, E. F.; SANTOS, M. A. dos; LIMA, J. R.; FERREIRA, P. C.; OLIVEIRA, R. S. **Influência da atividade física profissional sobre o condicionamento cardiorrespiratório de estudantes de Educação Física**. Revista Brasileira de Educação Física e Esporte, v. 37, e0240, 2011: <https://www.scielo.br/j/rbefe/a/PmjBpDkZrRcMvzBfGX45Y6t/?lang=pt> Acesso em: 05 nov. 2025.

SITKO, Sebastian; CIRER-SASTRE, Rafael; CORBI, Francisco; LÓPEZ-LAVAL, Isaac. **Power Assessment in Road Cycling: A Narrative Review**. Sustainability, v. 12, n. 12, art. 5216, 2020. DOI: 10.3390/su12125216. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/12/5216>. Acesso em: 10 nov. 2025

SKINNER, J. S.; MCLELLAN, T. H. **The transition from aerobic to anaerobic metabolism**. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Washington, v. 51, n. 1, p. 234–248, 1980.

STÖGGL, T. L.; SPERLICH, B. **The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes.** *Frontiers in Physiology*, v. 6, art. 295, 2015. DOI: 10.3389/fphys.2015.00295. Disponível em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4621419/>. Acesso em: 07 nov. 2025.

STÖGGL, Thomas L.; SPERLICH, Billy. **The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes.** *Frontiers in Physiology*, v. 6, p. 295, 27 out. 2015. DOI: 10.3389/fphys.2015.00295. PMCID: PMC4621419; PMID: 26578968. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4621419/>. Acesso em: 18 nov. 2025

SYMONS, Isabella K.; BRUCE, Lyndell; MAIN, Luana C. ***Impact of overtraining on cognitive function in endurance athletes: a systematic review.*** *Sports Medicine – Open*, v. 9, n. 1, p. 69, 2023. DOI: 10.1186/s40798-023-00614-3. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10409951/>. Acesso em: ____ .

VALENZUELA, Pedro L. et al. **Is the Functional Threshold Power a Valid Surrogate of the Lactate Threshold?** *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 13, n. 10, p. 1293–1298, Nov. 2018. DOI: 10.1123/ijssp.2018-0008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29745765/>. Acesso em: 17 nov. 2025

VAN DER ZWAARD, S.; BROCHERIE, F.; JASPERS, R. T. **Under the Hood: Skeletal Muscle Determinants of Endurance Performance.** *Frontiers in Sports and Active Living*, v. 3, p. 719434, 2021. DOI: 10.3389/fspor.2021.719434. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8371266/>. Acesso em: 05 jan. 2026

VASQUEZ-BONILLA, Aldo A.; GONZÁLEZ-CUSTODIO, Adrián; TIMÓN, Rafael; CAMACHO-CARDENOSA, Alba; CAMACHO-CARDENOSA, Marta; OLCINA, Guillermo. ***Training zones through muscle oxygen saturation during a graded exercise test in cyclists and triathletes.*** *Biology of Sport*, v. 40, n. 2, p. 439–448, 2023. DOI: 10.5114/biolsport.2023.114288. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10108753/>. Acesso em: 20 jan. 2026.

VINETTI, Giovanni; ROSSI, Huber; BRUSEGHINI, Paolo; CORTI, Marco; FERRETTI, Guido; PIVA, Simone; TABONI, Anna; FAGONI, Nazzareno. **Functional threshold power field test exceeds laboratory performance in junior road cyclists.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 37, n. 9, p. 1815–1820, 2023. DOI:

10.1519/JSC.0000000000004471.

Disponível

em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10448799/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

WHITE, Rhiannon L.; VELLA, Stewart; BIDDLE, Stuart B.; SUTCLIFFE, Jordan; GUAGLIANO, Justin M.; UDDIN, Riaz; BURGIN, Alice; APOSTOLOPOULOS, Maria; NGUYEN, Tatiana; YOUNG, Carmen; TAYLOR, Nicole; LILLEY, Samantha; TEYCHENNE, Megan. **Physical activity and mental health: a systematic review and best-evidence synthesis of mediation and moderation studies.** International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, v. 21, art. 134, 2024. DOI: 10.1186/s12966-024-01676-6. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39609855/>. Acesso em: 05 nov. 2025.

YAN, Zhen; OKUTSU, Mitsuharu; AKHTAR, Yasir N.; LIRA, Vitor A. ***Regulation of exercise-induced fiber type transformation, mitochondrial biogenesis, and angiogenesis in skeletal muscle.*** Journal of Applied Physiology, v. 110, n. 1, p. 264-274, 2011. DOI: 10.1152/jappphysiol.00993.2010.

Disponível

em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3253006/>. Acesso em: 20 jan. 2026..