



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Fernando Klitzke Borszcz

Concordância da máxima fase estável de lactato sanguíneo com diferentes abordagens de determinação de limiares de intensidade de exercício: Revisões sistemáticas com meta-análises bayesianas

Florianópolis
2023

Fernando Klitzke Borszcz

Concordância da máxima fase estável de lactato sanguíneo com diferentes abordagens de determinação de limiares de intensidade de exercício: Revisões sistemáticas com meta-análises bayesianas

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Dantas de Lucas

Coorientador: Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai

Florianópolis

2023

Klitzke Borszcz, Fernando

Concordância da máxima fase estável de lactato sanguíneo com diferentes abordagens de determinação de limiares de intensidade de exercício : Revisões sistemáticas com meta-análises bayesianas /Fernando Klitzke Borszcz ; orientador, Ricardo Dantas de Lucas, coorientador, Benedito Sérgio Denadai, 2023. 275 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Educação Física. 2. Esporte. 3. Limiares fisiológicos. 4. Meta-análise. 5. Estatística Bayesiana . I. de Lucas, Ricardo Dantas. II. Denadai, Benedito Sérgio. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

Fernando Klitzke Borszcz

Concordância da máxima fase estável de lactato sanguíneo com diferentes abordagens de determinação de limiares de intensidade de exercício: Revisões sistemáticas com meta-análises bayesianas

O presente trabalho em nível de Doutorado foi avaliado e aprovado, em 26 de maio de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Tiago Turnes, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fabrizio Caputo, Dr.
Universidade do Estado de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Ricardo Dantas de Lucas, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2023.

Dedico essa Tese a todos que me ajudaram de alguma forma ao longo dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer aos meus pais José Alberto Borszcz e Adelina Klitzke por terem me dado a vida, amor, criação, educação e total apoio durante toda minha vida. O apoio de vocês foi fundamental para não somente a conclusão deste doutorado, mas também toda a trajetória pessoal. Agradeço meu irmão Gabriel Klitzke Borszcz pelo companheirismo e tudo que já vivemos juntos todos esses anos.

Agradeço ao meu orientador Professor Ricardo Dantas de Lucas pela honra de ter sido seu aluno de doutorado. Foram 4 anos de vasta aprendizagem e conversas sobre os mais variados temas como esporte, exercício, fisiologia do exercício e estatística, além da amizade e todo suporte. Agradeço também ao meu coorientador Professor Benedito Sérgio Denadai por todo o suporte ao longo dessa jornada acadêmica.

Agradeço a minha namorada Thaís Oliveira Francisco Alves por ser essa pessoa e companheira tão incrível, sou grato por todo apoio, suporte e amor.

Agradeço a todos os meus familiares por todo apoio que me deram nessa jornada.

Agradeço aos membros da banca examinadora desta Tese Professores Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, Tiago Turnes e Fabrizio Caputo, bem como, o Professor Tiago Rezende Figueira que foi membro na banca de qualificação por todas sugestões e comentários para a melhora deste trabalho.

Agradeço ao Professor Rafael Alves de Aguiar por ter me ensinado os primeiros passos de como fazer uma meta-análise, foi início dessa Tese. Bem como, agradeço ao Professor Humberto M. Carvalho pela ministração da disciplina de introdução a estatística Bayesiana.

Agradeço a todos os membros do Laboratório de Esforço Físico (LAEF) aos quais pude ser colega. O LAEF por um bom tempo foi minha segunda casa, em 4 anos alguns bons litros de café pude beber na companhia de ótimos amigos. Agradeço aos Professores Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, Tiago Turnes e Ricardo Dantas de Lucas pelo acolhimento e todo conhecimento e confiança transmitidos. Agradeço aos colegas discentes Thiago Pereira Ventura, Eduardo Marcel Nascimento, Isadora Dalla Lana, Lucas Dalla Vecchia, Fernando de Souza Campos, Leonardo Trevisol, Diego Antunes, Gustavo Oneda, Thaianá Krolikowski, Jean Souza, Caio Rosa, Anahí Martínez, Larissa Schlösser, Emmanuel Farias e todos os outros com passagens pelo LAEF pela companhia nesses 4 anos.

Agradeço ao Artur Ferreira Tramontin pela nossa amizade.

Agradeço a todos os amigos e colegas aos quais pude fazer nas parcerias acadêmicas ao longo desses anos.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Centro de Desportos (CDS) e ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física (PPGEF). Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos durante todo o curso de doutorado.

Agradeço ao R Core Team pela criação, manutenção e constante atualização do *software* R totalmente gratuito e de uso livre, bem como aos criadores dos pacotes de análise e tratamento de dados. Agradeço a todos que me ajudaram com dúvidas nas análises dos dados desta Tese na lista de e-mail ‘R-sig-meta-analysis’ e nos fóruns ‘Stan Forums Discourse’ e ‘Stack Overflow – Cross Validated’.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que essa Tese e o Doutorado se tornassem possíveis.

O fácil já foi feito (DENADA).

RESUMO

Há pelo menos 50 anos, vários limiares de intensidade de exercício têm sido propostos. Desta forma, existem dezenas de métodos/abordagens determinados por diferentes testes, protocolos e medidas fisiológicas ou de performance física. A forma mais comum de validar a maioria destes limiares foi feita comparando-os a um ‘limiar padrão-ouro’, que na maioria dos casos é a máxima fase estável de lactato sanguíneo (MFEL). Existe um grande volume de literatura, acompanhada de polêmica sobre a concordância desses limiares com a MFEL. É possível que os fatores que influenciam o nível de concordância devem-se às dependências dos protocolos dos testes e das características dos estudos e dos sujeitos incluídos nas amostras. Levando em consideração os dois últimos fatores, estudos de revisão sistemática com meta-análise de modelos de meta-regressão são interessantes para verificar os fatores que influenciam o nível de concordância dos diferentes limiares com a MFEL. Deste modo, a presente Tese teve como objetivo revisar a literatura científica por meio de métodos sistematizados e posteriormente aplicar as análises meta-analíticas para verificar as covariáveis que influenciam a magnitude da concordância entre os limiares de lactato (LL), potência crítica (PC) e o teste de lactato mínimo (LACM) com a MFEL. Foram realizadas 3 revisões sistemáticas independentes para verificar a concordância da MFEL com os LL, LACM e PC, respectivamente. Todos os métodos seguiram o protocolo do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* – PRISMA. As buscas na literatura foram conduzidas nas bases de dados PubMed, ScienceDirect, Scielo e Google Scholar, utilizando palavras-chave relacionadas a MFEL. Para verificar a concordância dos métodos, dois tipos de tamanhos de efeitos foram utilizados: I) diferença média; e II) desvio padrão (DP) das diferenças, sendo ambos expressos em percentuais equivalentes à medida de potência. As meta-análises foram conduzidas utilizando modelos Bayesianos de meta-regressões multiníveis e multivariados para lidar com as diferentes fontes de dependência entre os dados. Todos os dados foram apresentados como distribuições posteriores com sua moda e intervalos de credibilidade de 90%, a heterogeneidade foi expressa como um desvio padrão (τ) e foi ainda utilizado o Pseudo- R^2 , que fornece uma estimativa de quanto a heterogeneidade foi contabilizada pelas covariáveis incluídas nos modelos. A partir das buscas na literatura e da seleção dos estudos, foram incluídos 79, 38 e 28 estudos para a comparação entre a MFEL e os LL, a PC e o LACM, respectivamente. Nas três meta-análises, as covariáveis com altas probabilidades (>90%) de alterar a diferença média foram: a modalidade de exercício, o intervalo de tempo das amostragens de sangue e o critério de delta da concentração de lactato sanguíneo, bem como o número e a duração das pausas da MFEL. Para a comparação entre LL e MFEL, as covariáveis influenciadoras foram a duração dos estágios do teste incremental, os métodos de identificação do LL e local de aquisição das amostras de sangue. Para a comparação entre MFEL e PC, as covariáveis da PC foram a duração da maior carga preditiva, o tipo de teste das cargas preditivas e o número de parâmetros da modelagem matemática. Já para o LACM as covariáveis foram a carga inicial e a duração dos estágios do teste incremental da Fase 3 do teste. Nas três meta-análises, as principais covariáveis com altas probabilidades de modificar a magnitude do DP das diferenças foram o consumo máximo de oxigênio e o sexo dos sujeitos e a modalidade de exercício. O Pseudo- R^2 entre MFEL e LL variou entre 47% e 91% para a diferença média e 33% para o DP das diferenças. Para a MFEL versus PC foi 84% e 59% e para a MFEL versus LACM 60% e 95% para diferença média e DP das diferenças, respectivamente. Os resultados demonstram que a comparação entre esses índices foi modulada por características inerentes aos protocolos de testes, ao modo de exercício e as características dos sujeitos como o sexo, idade e consumo máximo de oxigênio.

Assim conclui-se que para a predição da MFEL esses fatores apresentados devem ser levados em consideração, a fim de se obter maior confiabilidade das estimativas.

Palavras-chave: Meta-análise. Limiares Fisiológicos. Análise bayesiana.

ABSTRACT

For at least 50 years, several exercise intensity thresholds have been proposed. As a result, there are dozens of methods/approaches determined by different tests, protocols, and physiological or physical performance measurements. The most common way to validate most of these thresholds has been by comparing them to a 'gold standard threshold', which in most cases is the maximal lactate steady state (MLSS). There is a large volume of literature accompanied by controversy regarding the agreement of these thresholds with MLSS. It is possible that the factors influencing the level of agreement are due to the dependencies of the test protocols and the characteristics of the studies and subjects included in the samples. Taking into consideration these two factors, systematic review studies with meta-analysis of meta-regression models are interesting to verify the factors influencing the level of agreement between different thresholds and MLSS. Thus, the present thesis aimed to review the scientific literature through systematic methods and subsequently apply meta-analytic analyses to verify the covariates that influence the magnitude of agreement between lactate thresholds (LT), critical power (CP), and the lactate minimum test (LMT) with MLSS. Three independent systematic reviews were conducted to verify the agreement of MLSS with LT, LMT, and CP, respectively. All methods followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) protocol. Literature searches were conducted in the PubMed, ScienceDirect, Scielo, and Google Scholar databases, using keywords related to MLSS. To assess the agreement of the methods, two types of effect sizes were used: I) mean difference, and II) standard deviation (SD) of the differences, both expressed as percentages equivalent to the power output measure. The meta-analyses were conducted using Bayesian multilevel and multivariate meta-regression models to deal with the different sources of dependence among the data. All data were presented as posterior distributions with their mode and 90% credibility intervals, heterogeneity was expressed as a standard deviation (τ), and Pseudo- R^2 was also used, providing an estimate of how much heterogeneity was accounted for by the covariates included in the models. Based on the literature searches and study selection, 79, 38, and 28 studies were included for the comparison between MLSS and LT, CP and LMT, respectively. In all three meta-analyses, covariates with high probabilities (>90%) of altering the mean difference were: exercise modality, blood sampling time interval, criterion for delta blood lactate concentration, as well as the number and duration of MLSS breaks. For the comparison between LT and MLSS, the influential covariates were the duration of the stages of the incremental test, the LT identification methods, and the location of blood sample acquisition. For the comparison between MLSS and CP, the CP covariates were the duration of the highest predictive load, the type of predictive load test, and the number of parameters in the mathematical modeling. For LMT, the covariates were the initial load and the duration of the stages of the incremental test in Phase 3 of the test. In all three meta-analyses, the main covariates with high probabilities of modifying the magnitude of SD of the differences were maximal oxygen uptake, subject's sex, and exercise modality. The Pseudo- R^2 between MLSS and LT ranged from 47% to 91% for the mean difference and 33% for the SD of the differences. For MLSS versus CP, it was 84% and 59%, and for MLSS versus LMT, it was 60% and 95% for the mean difference and SD of the differences, respectively. The results demonstrate that the comparison between these indexes was modulated by characteristics inherent to the test protocols, exercise mode, and subject characteristics such as sex, age, and maximum oxygen consumption. Thus, it is concluded that for the prediction of MLSS, these factors should be taken into consideration to obtain more reliable estimates.

Keywords: Meta-analysis. Physiological thresholds. Bayesian analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos da determinação dos principais métodos dos limiares de lactato (parte 1).....	34
Figura 2 – Exemplos da determinação dos principais métodos dos limiares de lactato (parte 2).....	35
Figura 3 – Variáveis e critérios para determinação dos limiares ventilatórios 1 (linha azul) e 2 (linha vermelha).....	37
Figura 4 - Exemplo do protocolo de determinação da máxima fase estável de lactato sanguíneo.....	40
Figura 5 - Exemplo de modelos de potência crítica convencionais de múltiplas cargas constantes.	44
Figura 6 – Exemplo de um teste de lactato mínimo.	46
Figura 7 – Pirâmide da hierarquia do nível de evidência científica de diferentes tipos de estudos.	47
Figura 8 – Reformulação da pirâmide para a lupa da hierarquia do nível de evidência científica de diferentes tipos de estudos.	48
Figura 9 – Representação esquemática do modelo de meta-análise de efeitos aleatórios.....	56
Figura 10 – Exemplo da relação potência-velocidade em um ciclo-ergômetro.	77
Figura 11 – Exemplo da relação potência-duração e a relação de efeitos entre testes de tempo de exaustão e sua conversão para efeitos equivalentes a um teste de contrarrelógio de mesma duração.	79
Figura 12 – Uma sequência de intervalos de confiança derivados de simulações sucessivas de um experimento onde há um uma média verdadeira (populacional) $\mu_0 = 50$, e um desvio padrão $\sigma_0 = 10$	83
Figura 13 – Exemplos de diferentes distribuições anteriores.....	87
Figura 14 – Seleção dos estudos conforme o PRISMA para MFEL <i>versus</i> LL.....	109
Figura 15 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual	

apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL de concentrações fixas..... 144

Figura 16 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados por tangentes na curva de lactato..... 147

Figura 17 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados pelo método da adição de concentrações fixas em relação ao primeiro aumento nas concentrações de lactato acima do repouso..... 149

Figura 18 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados pelo método de máxima distância..... 152

Figura 19 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados pelo método de quebra na curva de lactato (LT_2)..... 154

Figura 20 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados pelos métodos ao primeiro aumento nas concentrações de lactato acima do repouso..... 156

Figura 21 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* (a), os efeitos modificadores em relação à referência (b) e as estimativas de heterogeneidade residual

apresentadas como desvio padrão entre tamanhos de efeitos (c) para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e os LL.....	158
Figura 22 – Seleção dos estudos conforme o PRISMA para MFEL <i>versus</i> , PC.....	174
Figura 23 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e PC.	183
Figura 24 – Efeitos condicionais para a diferença percentual média entre a MFEL e a PC em relação ao modo de exercício e o tipo de teste preditivo e parâmetros da PC (a), número e duração das pausas na MFEL (b) e o critério e intervalo de tempo do delta [La] na MFEL (c).	185
Figura 25 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* (a), os efeitos modificadores em relação à referência (b) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão entre tamanhos de efeitos (c) para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e PC.	188
Figura 26 – Efeitos condicionais para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e PC em relação ao modo de exercício, duração da carga preditiva mais longa da PC e o $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos.	189
Figura 27 – Cem extrações aleatórias posteriores de $\mu_{MFEL - PC}$ e $\sigma_{MFEL - PC}$ para gerar a estimativa posterior completa dos limites de concordância ao nível do sujeito entre a MFEL e o PC.....	190
Figura 28 – Gráfico de floresta bayesiano para os efeitos parciais dos estudos incluídos e o efeito médio meta-analisado (populacional) para a diferença média (a) e desvio padrão das diferenças (b), desvio padrão entre os estudos (tau) para a diferença média (c) e desvio padrão das diferenças (d), e 100 amostras posteriores selecionadas aleatoriamente para a distribuição completa dos limites de concordância.	192
Figura 29 – Seleção dos estudos conforme o PRISMA.	205
Figura 30 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual	

apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LACM.
.....215

Figura 31 – Efeitos condicionais para a diferença percentual média entre a MFEL e a LACM em relação ao modo de exercício e o tipo de teste na Fase 1 (a), duração da Fase 2 (b), carga inicial (c) e duração dos estágios do teste incremental (d) na Fase 3 e o $\dot{V}O_2\text{max}$ do sujeito (e).....217

Figura 32 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* (a), os efeitos modificadores em relação à referência (b) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão entre tamanhos de efeitos (c) para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e LACM.....219

Figura 33 – Efeitos condicionais para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e LACM em relação ao modo de exercício e o tipo de teste na Fase 1 (a), duração da Fase 2 (b), carga inicial (c) e duração dos estágios do teste incremental (d) na Fase 3 e o $\dot{V}O_2\text{max}$ do sujeito (e).222

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos principais métodos de determinação dos limiares de lactato.	31
Quadro 2 – Métodos e critérios de determinação dos limiares ventilatórios.	36
Quadro 3 – Outros métodos de limiares fisiológicos determinados em testes incrementais.....	38
Quadro 4 – Principais ferramentas para avaliação da qualidade metodológica de estudos incluídos em revisões sistemáticas.	53
Quadro 5 – Tamanhos de efeitos e respectivas variâncias amostrais relacionados a tendência central das respostas.....	69
Quadro 6 – Tamanhos de efeitos e respectivas variâncias amostrais relacionados a heterogeneidade das respostas.....	70
Quadro 7 - Principais diferenças entre as inferências bayesiana e frequentista.	89
Quadro 8 – Estratégia de busca em cada base de dado.	96
Quadro 9 – Qualidade dos estudos e risco de viés.	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferentes protocolos de determinação da máxima fase estável de lactato sanguíneo.....	41
Tabela 2 – Exemplo de tamanhos de efeitos de uma meta-análise multivariada, as respectivas cores representam cada estudo.....	62
Tabela 3 – Características dos estudos incluídos na revisão sistemática aninhados pelo método do limiar de lactato e classificados pela diferença média percentual equivalente à medida de potência em relação a máxima fase estável de lactato sanguíneo.....	112
Tabela 4 – Avaliação da qualidade metodológica dos estudos.....	141
Tabela 5 – As principais características dos estudos incluídos na revisão em relação à concordância entre a máxima fase estável de lactato sanguíneo e a potência crítica; os estudos são classificados pelo modelo potência crítica e pela diferença percentual média da máxima fase estável de lactato sanguíneo,.....	175
Tabela 6 – Avaliação da qualidade metodológica dos estudos.....	181
Tabela 7 – Características dos estudos incluídos na revisão sistemática aninhados pelo teste de lactato mínimo e classificados pela diferença média percentual equivalente à medida de potência em relação a máxima fase estável de lactato sanguíneo.....	207
Tabela 8 – Avaliação da qualidade metodológica dos estudos.....	213

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO ₂	Gás carbônico
CV.....	Coefficiente de variação
CR.....	Contrarrelógio
F _E CO ₂	Fração de gás carbônico expirado
FC.....	Frequência cardíaca
FC _{max}	Frequência cardíaca máxima
IAT.....	<i>Individual anaerobic threshold</i>
I ²	Inconsistência
IC.....	Intervalo de confiança
ICC.....	Coefficiente de correlação intraclasse
ICr.....	Intervalo de credibilidade
IPred.....	Intervalo de predição
k.....	Número de estudos
[La].....	Concentração de lactato sanguíneo
LACM.....	Teste de lactato mínimo
LAer.....	Limiar aeróbio
LAn.....	Limiar anaeróbio
LdC.....	Limites de concordância
LL.....	Limiar de lactato
LL ₁	Primeiro limiar de lactato
LL ₂	Segundo limiar de lactato
LV ₁	Primeiro limiar ventilatório
LV ₂	Segundo limiar ventilatório
MCMC.....	Cadeia de Markov Monte Carlo
MFEL.....	Máxima fase estável de lactato sanguíneo
n.....	Tamanho da amostra
O ₂	Oxigênio
PC.....	Potência crítica
PC _{3-min}	Potência crítica estimada por um teste de 3-min <i>all-out</i>
P _{ET} O ₂	Pressão parcial de oxigênio

P_{ETCO_2}	Pressão parcial de gás carbônico
$p_{ROPE\sigma}$	Probabilidade dos efeitos em relação à região de equivalência prática para o tamanho de efeito desvio padrão das diferenças
$p_{ROPE\mu}$	Probabilidade dos efeitos em relação à região de equivalência prática para o tamanho de efeito diferença média
QR	Quociente respiratório
r	Coefficiente de correlação de Pearson
REML	Máxima verossimilhança restrita
ROPE	Região de equivalência prática
s	Desvio padrão amostral
S^2	Variância amostral
TE	Tamanho de efeito
TI	Teste incremental
TLim	Teste de tempo até a exaustão
V	Matriz de variância-covariância
VC	Velocidade crítica
$\dot{V}E$	Ventilação pulmonar
$\dot{V}CO_2$	Produção de gás carbônico
$\dot{V}O_2$	Consumo de oxigênio
$\dot{V}O_{2max}$	Consumo máximo de oxigênio
$\dot{V}O_{2pico}$	Pico no consumo de oxigênio
\dot{W}_{max}	Carga máxima de trabalho durante um teste incremental
y	Variável dependente
α	<i>Alpha</i> (intercepto)
β	<i>Beta</i> (slope)
τ	<i>Tau</i> (desvio padrão entre efeitos em meta-análises)
ρ	<i>Rho</i> (coeficiente de correlação)
δ	<i>Delta</i>
σ	<i>Sigma</i> (desvio padrão populacional)
μ	<i>Mu</i> (média populacional)
Θ	<i>Theta</i>
\bar{x}	Média amostral

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	24
1.2	OBJETIVOS	27
1.2.1	Objetivo Geral.....	27
1.2.2	Objetivos Específicos	27
1.3	HIPÓTESES	27
2	REVISÃO PRELIMINAR DA LITERATURA	27
2.1	LIMIARES FISIOLÓGICOS	27
2.1.1	Limiars determinados em testes incrementais	28
2.1.1.1	<i>Métodos de limiars de lactato.....</i>	<i>30</i>
2.1.1.2	<i>Limiars não invasivos determinados em testes incrementais</i>	<i>36</i>
	Limiars ventilatórios	36
	Outros métodos não invasivos	38
2.1.2	Máxima fase estável de lactato sanguíneo	38
2.1.3	Potência crítica.....	41
2.1.4	Lactato mínimo	45
2.2	REVISÕES SISTEMÁTICAS E METAS-ANÁLISES.....	46
2.2.1	Revisão sistemática da literatura	46
2.2.1.1	<i>Declaração PRISMA</i>	<i>48</i>
2.2.1.2	<i>Pré-registro de revisões sistemáticas</i>	<i>50</i>
2.2.1.3	<i>Avaliação do risco de viés metodológico (qualidade) dos estudos</i>	<i>52</i>
2.2.2	Meta-análise	54
2.2.2.1	<i>Contexto histórico e definição</i>	<i>54</i>
2.2.2.2	<i>Tipos de modelos meta-analíticos</i>	<i>54</i>
	Meta-análises de efeitos fixos.....	54
	Definição de um efeito combinado	54

	Atribuição de pesos sob o modelo de efeito fixo.....	55
2.2.2.3	<i>Meta-análises de efeitos aleatórios</i>	<i>56</i>
	Definição de um efeito combinado	56
	Atribuição de pesos sob o modelo de efeitos aleatórios.....	58
	Meta-regressão ou modelos mistos.....	59
	Meta-análises de efeitos aleatórios multiníveis	60
	Meta-análises multivariadas	61
2.2.2.4	<i>Medidas de heterogeneidade</i>	<i>64</i>
	Tau (τ).....	64
	Inconsistência (I^2)	65
2.2.2.5	<i>Pseudo-R^2.....</i>	<i>66</i>
2.2.2.6	<i>Tamanhos de efeito</i>	<i>67</i>
	Tamanhos de efeitos relacionados a dispersão das respostas	67
	Formas de estimativa da variância amostral dos tamanhos de efeito que envolvem medidas repetidas.....	71
	Tamanhos de efeito relacionados a performance esportiva.....	73
	Conversão da velocidade para potência	73
	Conversão dos efeitos em testes de tempo de exaustão para efeitos equivalentes a testes de contrarrelógios.....	78
2.3	INFERÊNCIA ESTATÍSTICA BAYEASIANA	80
2.3.1	Origem e definição.....	80
2.3.2	Entendendo a inferência frequentista para partirmos para a inferência bayesiana... ..	81
2.3.2.1	<i>Sua interpretação intuitiva dos intervalos de confiança é bayesiana</i>	<i>81</i>
2.3.2.2	<i>Principais parâmetros de inferência frequentista</i>	<i>81</i>
2.3.3	Conceitos e parâmetros estatísticos bayesianos	83
2.3.4	Diferenças da inferência bayesiana sobre a frequentista	88

2.3.5	Inferências/decisões baseadas em magnitude, um caso especial de inferência bayesiana?...	89
2.3.6	Meta-análise bayesiana	91
3	METODOLOGIA GERAL COMUM A TODAS AS REVISÕES SISTEMÁTICAS COM META-ANÁLISES DA PRESENTE TESE.....	94
3.1	Abordagem Experimental do Problema.....	94
3.2	Procedimentos.....	94
3.2.1	Critérios de elegibilidade	94
3.2.2	Busca na Literatura	95
3.2.3	Seleção dos Estudos	96
3.2.4	Extração de Dados	96
3.2.5	Qualidade do Estudos	96
3.2.6	Tamanhos de Efeito e Transformação de Dados	97
3.2.7	Análise Estatística e Interpretação dos Resultados	98
3.2.7.1	<i>Meta-regressões.....</i>	<i>99</i>
3.2.7.2	<i>Interpretação dos Resultados</i>	<i>99</i>
4	CONCORDÂNCIA ENTRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E os limiares de lactato	101
4.1	INTRODUÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E OS LIMIARES DE LACTATO.....	101
4.2	MÉTODOS.....	103
4.2.1	Metodologia geral	103
4.2.2	Meta-regressões.....	104
4.2.2.1	<i>Diferença média.....</i>	<i>104</i>
	Limiares de lactato determinado pelas concentrações fixas:.....	104
	Limiares de lactato determinado pelos métodos de tangente:.....	104
	Primeiro aumento +:.....	105

Máxima distância:	105
Ponto de quebra na curva de lactato:	105
Primeiro aumento:	105
4.2.2.2 <i>Desvio padrão das diferenças</i>	105
4.3 RESULTADOS	107
4.3.1 Seleção dos estudos	107
4.3.2 Características dos estudos	110
4.3.3 Qualidade dos estudos	140
4.3.4 Meta-regressões	143
4.3.4.1 <i>Diferença média</i>	143
Concentrações fixas de lactato	143
Limiares de lactato determinado pelos métodos de tangente	146
Primeiro aumento +	148
Máxima distância.....	150
Ponto de quebra na curva de lactato	153
Primeiro aumento	155
4.3.4.2 <i>Desvio padrão das diferenças</i>	157
4.4 DISCUSSÃO	159
4.5 APLICAÇÕES PRÁTICAS	163
5 CONCORDÂNCIA ENTRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E A POTÊNCIA CRÍTICA	164
5.1 INTRODUÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E POTÊNCIA CRÍTICA.....	164
5.2 MÉTODOS	168
5.2.1 Metodologia geral	168
5.2.2 Meta-regressões	168
5.3 RESULTADOS	171

5.3.1	Seleção de estudos	171
5.3.2	Características dos estudos	171
5.3.2.1	<i>Características gerais.....</i>	<i>171</i>
5.3.2.2	<i>Modelos de potência crítica.....</i>	<i>173</i>
5.3.3	Qualidade dos estudos	181
5.3.4	Meta-regressões.....	182
5.3.4.1	<i>MFEL versus PC ‘tradicional’</i>	<i>182</i>
	Diferença média.....	182
	Desvio padrão das diferenças	187
	Limites de concordância.....	189
5.3.4.2	<i>Comparação MFEL e PC estimada pelo teste de 3-min all-out.....</i>	<i>191</i>
5.4	DISCUSSÃO	193
5.5	APLICAÇÕES PRÁTICAS	198
6	CONCORDÂNCIA ENTRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E O TESTE DE LACTATO MÍNIMO	199
6.1	INTRODUÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E O TESTE DE LACTATO MÍNIMO	199
6.2	MÉTODOS	201
6.2.1	Metodologia geral	201
6.2.2	Meta-regressões.....	201
6.3	RESULTADOS	203
6.3.1	Seleção dos estudos	203
6.3.2	Características dos estudos	206
6.3.3	Qualidade dos estudos	212
6.3.4	Meta-regressões.....	213
6.3.4.1	<i>Diferença média.....</i>	<i>213</i>
6.3.4.2	<i>Desvio padrão das diferenças</i>	<i>219</i>

6.4	DISCUSSÃO	224
6.5	APLICAÇÕES PRÁTICAS	227
7	DISCUSSÃO GERAL	228

1 INTRODUÇÃO

Nas ciências do esporte um dos temas controversos refere-se aos limiares de intensidade que demarcam os domínios de intensidade de exercício. Desta forma, os limiares delimitam uma dada intensidade de exercício onde ocorre uma mudança em alguma(s) resposta(s) fisiológica(s). Os limiares são determinados em testes de cargas incrementais ou de carga constante medindo as respostas fisiológicas ou ainda por meio de testes de *performance* de *endurance*. Os limiares são expressos quanto a sua intensidade de ocorrência relativa à carga interna (fisiológica) de trabalho a partir da frequência cardíaca (FC), concentração de lactato sanguíneo ([La]) ou do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), em relação à carga externa de trabalho a partir da velocidade, potência, força ou inclinação do terreno. Podendo ainda ser expressa em percentuais de variáveis fisiológicas máximas como o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) ou da FC máxima (FCmax), ou percentuais de variáveis máximas de carga externa como a velocidade ou potência final de um teste de cargas incrementais até a exaustão (\dot{W}_{max}).

A ocorrência de intensidades de exercício limítrofes para a estabilização (estado estável) de uma ou várias respostas fisiológicas durante exercícios de carga constante ou incrementais não é novidade, sendo que um século atrás investigações científicas as reportavam (BANG, 1936; BRIGGS, 1920; OWLES, 1930). O “boom” na compreensão e desenvolvimento dos limiares fisiológicos que usamos na atualidade se deu no final de década de 1950 e se estendeu até o começo da década de 1990. Nesse período, Hollmann (1959) na Alemanha e Wasserman e McIlroy (1964) nos Estados Unidos paralelamente reportaram o “ponto de ótima eficiência respiratória” e o “limiar anaeróbio” (LAN), respectivamente. Em 1965, Monod e Scherrer (1965) descreveram a relação hiperbólica entre a intensidade e duração do exercício em pequenos grupos musculares, introduzindo o termo “potência crítica (PC)”, que poucos anos depois foi transferida para os exercícios de corpo inteiro como o ciclismo (MORITANI et al., 1981). Em 1982, o comportamento de perda de linearidade da FC durante um teste incremental foi documentado como ponto de deflexão da FC (CONCONI et al., 1982). Entre as décadas de 1970 e 1980 vários grupos de pesquisa alemães estudaram o comportamento do lactato sanguíneo durante testes incrementais, desenvolvendo inúmeros métodos de limiares de lactato (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; HECK; BENEKE, 2008; HOLLMANN, 2001). Em 1985, na tentativa de validar a [La] fixa em 4 mmol/L determinada durante um teste

incremental, Heck et al. (1985) aplicaram vários testes de cargas constantes introduzindo o protocolo “clássico” da máxima fase estável de lactato sanguíneo (MFEL), que corresponde à mais alta intensidade onde ocorre o equilíbrio no aparecimento e remoção do lactato na corrente sanguínea. Para se ter ideia da proporção e alcance desta publicação, até o ano de 2021, ele foi citado em 1350 publicações dentro da base de dados do Google Scholar.

Além dos limiares mais tradicionais como os listados acima, a quantidade de limiares fisiológicos derivados de diferentes respostas/variáveis fisiológicas e diferente tipos de testes é impressionante, além disso, para uma mesma medida fisiológica como a [La] existem dezenas de métodos de se determinar um limiar (BINDER et al., 2008; BOSQUET; LÉGER; LEGROS, 2002; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; MANN; LAMBERTS; LAMBERT, 2013; MEYER et al., 2005). Por exemplo, Faude; Kindermann e Meyer (2009) reportaram 25 métodos diferentes para determinar o primeiro e segundo limiares de lactato.

Os limiares fisiológicos são utilizados como demarcadores dos domínios de intensidade de exercício, onde o primeiro limiar de lactato ou ventilatório separa a borda superior do domínio moderado para com a borda inferior do domínio pesado (BURNLEY; JONES, 2007). Já a divisão entre os domínios pesado e severo vários limiares são candidatos, entre eles derivados de testes incrementais os métodos do segundo limiar de lactato ou o segundo limiar ventilatório, entre muitas outras medidas fisiológicas (BINDER et al., 2008; BOONE et al., 2016; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; MEYER et al., 2005). Porém, os limiares derivados dos testes de carga constante PC e MFEL são considerados como os “*gold standards*” na divisão destes domínios (BURNLEY; JONES, 2007, 2018; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; JONES et al., 2010, 2019a). A respeito desses dois últimos muita discussão aconteceu a respeito da equivalência entre eles e qual representa melhor a transição dos domínios pesado-severo (BROXTERMAN; CRAIG; RICHARDSON, 2018; CRAIG; BROXTERMAN; BARSTOW, 2015; DE LUCAS, 2018; GALÁN-RIOJA et al., 2021a, 2021b; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2021; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2019; JONES et al., 2019a, 2019b; KEIR et al., 2021; KEIR; MATTIONI MATURANA; MURIAS, 2018; KEIR; POGLIAGHI; MURIAS, 2019; MARWOOD; GOULDING; ROCHE, 2019).

Fato é que há muito tempo a principal controvérsia envolvida nos limiares é a concordância/equivalência entre os mais diferentes limiares derivados de diferentes respostas fisiológicas, métodos de determinação dentro de uma mesma resposta fisiológica e diferentes protocolos de determinação. Muito possivelmente toda a discordância entre os mais variados métodos se deve as dependências dos protocolos dos testes utilizados e outros cuidados metodológicos.

1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

Tradicionalmente a “validação” dos limiares fisiológicos têm sido feita principalmente comparando os mais diferentes métodos com a MFEL (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). Desta forma, acumulou-se uma quantidade elevada de comparações destes limiares com a MFEL. Portanto, é possível examinar de forma indireta (dados de diferentes sujeitos em diferentes estudos) as características que influenciam o nível de concordância entre os limiares e a MFEL utilizando meta-regressões. Portanto, revisões sistemáticas com metas-análises são ferramentas úteis para entender quais os fatores que levam a mudança no nível de concordância entre os mais variados limiares fisiológicos e a MFEL.

Em relação à meta-análises de comparações entre limiares fisiológicos, temos conhecimento de duas publicações anteriores (GALÁN-RIOJA et al., 2020; WYATT, 1999). Wyatt (1999) comparou os limiares ventilatórios em relação ao percentual do $\dot{V}O_2\text{max}$. O autor verificou que os limiares ventilatórios ocorrem em um % do $\dot{V}O_2\text{max}$ mais altos em atletas (~65%) do que em sedentários (~52%), em mulheres (~72%) do que homens (~62%) e por fim na corrida (~62%) e ciclismo (~70%) em relação ao exercício em ergômetro de braço (~46%). Porém, o autor não distinguiu os métodos de identificação dos limiares, além disso, a análise estatística utilizada (teste *t*) não foi a mais apropriada para meta-análise. Já Galán-Rioja et al. (2020) realizaram metas-análises sobre a correlação da PC (que incluiu o modelo de dois parâmetros e a estimada pelo teste de 3-min *all-out* [PC_{3-min}]) com os limiares ventilatórios 1 e 2 (LV₁ e LV₂, respectivamente), o ponto de compensação respiratória¹ e a MFEL a partir de estudos publicados e realizados com ciclismo. Foram verificados valores de correlação entre a PC

¹ O ponto de compensação respiratória e o segundo limiar ventilatório identificam o mesmo limiar, sendo o ponto de compensação respiratória um dos critérios de identificação do segundo limiar ventilatório (KEIR et al., 2022).

e LV_1 de 0,76 (intervalo de confiança [IC] de 95%; 0,31 a 1,21), PC e LV_2 0,39 (IC 95%; -0,37 a 1,15), PC e ponto de compensação respiratória de 0,80 (IC 95%; 0,40 a 1,21) e PC e MFEL de 0,77 (IC 95%; 0,36 a 1,18). Como visto, os intervalos de confiança meta-analisados dos coeficientes de correlação são implausíveis (*i.e.*, < -1 e $> +1$), muito provavelmente porque não foi realizada uma transformação dos dados para Fisher Z antes da análise. Além disso, os autores reportaram as diferenças médias entre a PC e LV_1 , LV_2 , ponto de compensação respiratória e a MFEL (30%, 21%, 6% e 11%, respectivamente). Porém, não especificaram o modelo estatístico utilizado, os intervalos de confiança dessas médias e alguma medida de heterogeneidade. Por fim, os autores apresentam os coeficientes de variação (CV) entre sujeitos e os interpretam como parâmetros de concordância (desvios padrões dentro dos sujeitos; *i.e.*, $S_{diferença}$), quando na verdade não são (BLAND; ALTMAN, 1986).

Levando em consideração os aspectos levantados das metas-análises anteriores é preciso mover além em relação às metas-análises que se referem à validade de índices fisiológicos. Coeficientes de correlação tem várias limitações quanto a análise de validade. Tais como, em primeiro lugar, a correlação depende do range e da distribuição das variáveis e, portanto, da forma como a amostra de sujeitos foi escolhida. Em segundo lugar, a correlação ignora qualquer viés sistemático entre as duas variáveis, ou seja, elas podem ser altamente correlacionadas, mas terem médias bem diferentes (BLAND; ALTMAN, 2003, 1986; HOPKINS, 2010, 2015a, 2018; SMITH; HOPKINS, 2012). As estimativas de concordância como as diferenças médias e os erros aleatórios reportados tanto como desvios padrões (DP) das diferenças ($S_{diferença}$) ou limites de concordância (LdC) produzem parâmetros mais precisos sobre o quanto os limiares são correspondentes ou não (BLAND; ALTMAN, 2003, 1986; TIPTON; SHUSTER, 2017). A esse respeito, já existem métodos meta-analíticos bem estabelecidos (NAKAGAWA et al., 2015; SENIOR; VIECHTBAUER; NAKAGAWA, 2020; TIPTON; SHUSTER, 2017), porém pouco explorados nas ciências do esporte e do exercício.

Em relação à inferência estatística, comumente utilizamos a chamada abordagem “frequentista” na análise dos dados. Contudo, as inferências sob a ótica da estatística frequentista são contraintuitivas (KRUSCHKE; LIDDELL, 2018a) e muitas vezes a presença ou ausência de diferenças são pautadas em decisões dicotômicas de “significância” dos efeitos (GREENLAND et al., 2016). Nos últimos anos tem crescido

o uso da inferência bayesiana em várias áreas do conhecimento (KRUSCHKE; LIDDELL, 2018a). A popularização da inferência bayesiana se deu principalmente com o avanço da tecnologia da computação devido a sua complexidade de análise (VAN DE SCHOOT et al., 2021). Porém, apesar da complexidade computacional, é mais intuitiva na inferência sobre os resultados (KRUSCHKE, 2018; KRUSCHKE; LIDDELL, 2018a, 2018b), é mais adequada a tamanhos de amostras pequenos (VAN DE SCHOOT; MIOČEVIĆ, 2020) e permite a inserção de conhecimento prévio sobre os resultados (GELMAN et al., 2013). Além disso, a análise bayesiana permite o cálculo da probabilidade de que o tamanho do efeito esteja dentro de uma faixa específica, o que pode ser valioso para tomada de decisão prática com base nos resultados (KRUSCHKE, 2018). Outra vantagem crucial das meta-regressões bayesianas é sua capacidade de lidar com dados ausentes por meio de imputação levando em consideração a incerteza nos dados imputados, o que pode aumentar a precisão e reduzir o viés que pode resultar da exclusão de estudos com dados incompletos (GELMAN et al., 2013; KRUSCHKE; LIDDELL, 2018a).

A aplicação dos resultados das meta-análises na prática e se esses resultados são observáveis posteriormente é outra questão que merece investigação. Os fatores que dificultam a implementação dos resultados de meta-análises devem-se as características dos estudos e dos sujeitos (*i.e.*, covariáveis) que variam muito de estudo para estudo. Nesse sentido, os limiares fisiológicos são protocolos dependentes, o que nos sugere que metas-análises “clássicas” que estimam apenas uma média não são aplicáveis para proporcionar informações práticas. Portanto, é uma oportunidade de expandir o uso de meta-regressões nas ciências do esporte e do exercício, método de análise tal que produz dados mais aplicáveis ao contexto prático, mas foram pouco explorados em várias áreas do conhecimento (TIPTON; PUSTEJOVSKY; AHMADI, 2019a, 2019b) e principalmente nas ciências do esporte e do exercício (HOPKINS, 2018).

Dentro deste contexto, o problema de pesquisa desta Tese é: Quais são as características metodológicas e dos sujeitos que influenciam o nível de concordância entre os mais variados limiares de intensidade do exercício utilizados para estimar a MFEL?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar os fatores que influenciam o nível de concordância entre a MFEL com os diferentes métodos de limiares de intensidade de exercício utilizados para estimar a MFEL por meio de revisões sistemáticas da literatura em associação com meta-análises.

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1) Verificar por meio de meta-regressões as covariáveis dos sujeitos (*e.g.*, sexo, idade, $\dot{V}O_2\text{max}$) e dos protocolos dos testes que influenciam a magnitude da diferença média e do $S_{\text{diferença}}$ entre a MFEL e os:
 - 1.1) Limiares derivados das concentrações de lactato sanguíneo durante testes incrementais;
 - 1.2) Teste/protocolo de lactato mínimo;
 - 1.3) O ajuste potência/velocidade-tempo do modelo de PC/VC.

1.3 HIPÓTESES

Não foram estabelecidas hipóteses para o seguinte projeto de tese pois segundo Charlton (1996) meta-análises não são uma atividade de teste de hipótese e não podem ser usadas legitimamente para estabelecer *a priori* especulações a respeito dos achados combinados. O uso adequado da meta-análise é aumentar a precisão das estimativas quantitativas dos *outcomes* de interesse de uma coleção de estudos. Além disso, as revisões sistemáticas não devem testar hipóteses sobre "o que funciona", mas sim responder as perguntas sobre "o que acontece" (PETTICREW, 2015).

2 REVISÃO PRELIMINAR DA LITERATURA

2.1 LIMIARES FISIOLÓGICOS

A presente revisão de literatura, no que se refere aos índices fisiológicos, irá tratar apenas do desenvolvimento histórico dos principais limiares descritos na literatura científica. As comparações de concordância e os possíveis motivos que levam a alteração do nível de concordância entre os mais diferentes limiares e a MFEL serão aprofundados nas metas-análises incluídas nessa tese.

2.1.1 Limiares determinados em testes incrementais

A respeito da descoberta de um limiar de transição fisiológica dois grupos de pesquisa, um americano com destaque para o Professor Karl Wasserman e outro alemão com destaque para o Professor Wildor Wollmann se sobressaem. O trabalho com maior reconhecimento internacional é atribuído ao estudo de Wasserman; McIlroy (1964), muito provavelmente porque foi publicado em uma revista reconhecida e em língua inglesa. Contudo, ao mesmo tempo o grupo de pesquisa de Wollmann havia reportado o mesmo limiar fisiológico (HOLLMANN, 1959), porém, durante um congresso e as publicações em periódicos nos anos seguintes foram feitas principalmente em língua alemã.

Contudo, em 1920, Briggs utilizando um teste incremental documentou um fenômeno em que o autor denominou "carga de crista", sendo um limiar que hoje em dia conhecemos como ponto de compensação respiratória ou LV_2 . Em seu estudo, Briggs (1920) postulou:

Quando um esforço de magnitude cada vez maior é realizado, a porcentagem de CO_2 expirado primeiro aumenta e depois diminui. A carga na qual a porcentagem é máxima é chamada de "carga de crista". É mostrado que a carga de crista demarca cargas normais e sobrecargas [trecho traduzido da língua inglesa].

De acordo com Briggs, "cargas normais" (abaixo da carga de crista) podem ser realizadas por períodos prolongados, enquanto que "sobrecargas" (acima da carga de crista) estariam associadas à fadiga e levariam até a exaustão. Interessantemente, esse achado de Briggs não ganhou tanto reconhecimento comparado aos trabalhos realizados 40 anos depois por Wasserman; McIlroy (1964) e Hollmann (1959), sendo lembrado recentemente para o seu devido reconhecimento (ZOLADZ; GRASSI, 2020).

Em 1959 o alemão Wildor Hollmann apresentou seu trabalho de doutorado no Congresso Pan-Americano de Medicina Esportiva realizado em Chicago – EUA. Hollmann apresentou um limiar fisiológico podendo ser determinado por diferentes respostas fisiológicas, um baseado nas respostas ventilatórias e outro nas concentrações de lactato no sangue venoso e arterial. O limiar derivado das respostas ventilatórias foi chamado de "ponto de ótima eficiência ventilatória (*point of optimal ventilatory efficiency*)

– *PoW*)” e o baseado nas respostas de lactato de “limite de desempenho de *endurance* (*endurance performance limit*)”. As motivações que levaram o grupo de Hollmann para desenvolvimento de um índice submáximo de exercício se deveram ao fato de que até a data, a avaliação cardiorrespiratória era baseada no valor de $\dot{V}O_{2max}$. Sendo necessário para a determinação do $\dot{V}O_{2max}$ testes máximos, o que depende da motivação dos sujeitos e em populações especiais o risco de acidentes é aumentado.

Wasserman; McIlroy (1964) postularam que a intensidade de exercício que ocorre o início do metabolismo anaeróbio pode ser detectada de três maneiras: (1) como um aumento na [La], (2) como uma diminuição no bicarbonato e no pH do sangue arterial e (3) como um aumento no quociente de troca gasosa respiratória (QR). Segundo os autores o QR era a variável mais viável na detecção do LAn, pois não necessitava coleta de sangue. O que na época era de suma importância, visto que as amostras de sangue eram venosas ou arteriais. Além disso, era possível detectar o limiar do metabolismo anaeróbio durante o teste incremental submáximo, evitando exercícios em altas intensidades que são potencialmente perigosos em pacientes com cardiopatias.

Poucos anos depois os autores expandiram as variáveis ventilatórias para detecção do LAn (WASSERMAN et al., 1973). Alterações nas trocas gasosas foram estudadas em 85 homens durante um teste incremental, com estágios de 1 min e incrementos de 15 W, para determinar os indicadores não invasivos do início da acidose metabólica (metabolismo anaeróbio). O LAn pode ser identificado pelo ponto de 1) aumento não linear em $\dot{V}E$, 2) aumento não linear em $\dot{V}CO_2$, 3) um aumento na pressão parcial de O_2 ($P_{ET}O_2$) sem uma diminuição correspondente na pressão parcial de CO_2 ($P_{ET}CO_2$) e 4) um aumento em QR, conforme a taxa de trabalho foi aumentada durante um teste de exercício incremental.

Vale ressaltar que os trabalhos de Hollmann (1959), Wasserman et al. (1973) e Wasserman; McIlroy (1964), se referem ao LV_1 , sendo tradicionalmente o LV_1 é utilizado como uma estimativa do primeiro limiar de lactato (LL_1) (BURNLEY; JONES, 2018; KEIR et al., 2022; POOLE et al., 2021; WASSERMAN et al., 1973; WASSERMAN; BEAVER; WHIPP, 1990; WASSERMAN; MCILROY, 1964). Já em relação ao métodos do LL_2 alguns autores apenas os consideram como “um único ponto que descreve uma curva” (POOLE et al., 2021). Nos próximos tópicos são descritos os principais limiares invasivos e não invasivos determinados durante testes de cargas incrementais.

2.1.1.1 Métodos de limiares de lactato

Segundo Faude; Kindermann; Meyer (2009) os limiares de lactato podem ser classificados em 3 grandes grupos: 1) métodos que identificam o aumento da [La] acima dos valores de repouso, 2) métodos que identificam a maior intensidade de exercício onde ocorre o equilíbrio entre o aparecimento e a remoção da [La] no sangue (métodos que estimam a MFEL), e 3) métodos da [La] fixadas em valores arbitrários. Os limiares do grupo 1 são comumente denominados como “limiar aeróbio” (LAer) e os do grupo 2 como “limiar anaeróbio” (LAn) por diversos grupos de pesquisa, principalmente alemães (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979; MEYER et al., 2005; SKINNER; MCLELLAN, 1980). Essas nomenclaturas são controversas e confusas, por exemplo, o termo LAn utilizado por Wasserman et al. (1973) e Wasserman; Mcilroy (1964) identifica o LV_1 ou LL_1 , contudo esse limiar é denominado como LAer pelos outros grupos de pesquisa.

Além das controvérsias sobre a nomenclatura, outro fato que pode ser problemático ao classificar os limiares de lactato em LAer ou LAn deve-se ao fato que muitos limiares identificam intensidades de exercício entre os métodos de início de acúmulo de [La] acima do repouso e intensidades onde ocorre o equilíbrio entre a entrada e remoção da [La]. Teoricamente, o segundo grupo para ser classificado como tal deve corresponder a MFEL. Desta forma, apresentamos abaixo os principais métodos de limiares de lactato agrupando pelas características metodológicas de determinação. O Quadro 1 fornece detalhes sobre como cada método de limiar de lactato é determinado.

Quadro 1 – Descrição dos principais métodos de determinação dos limiares de lactato.

Método do LL	Definição e descrição
Concentrações fixas	
5 mmol/L	Intensidade onde a [La] é igual a 5 mmol/L (LI et al., 2014)
4 mmol/L	Intensidade onde a [La] é igual a 4 mmol/L (MADER et al., 1976)
3,5 mmol/L	Intensidade onde a [La] é igual a 3,5 mmol/L (HECK et al., 1985)
3 mmol/L	Intensidade onde a [La] é igual a 3 mmol/L (BORCH et al., 1993)
2,5 mmol/L	Intensidade onde a [La] é igual a 2,5 mmol/L (WELTMAN et al., 1990)
2,2 mmol/L	Intensidade onde a [La] é igual a 2,2 mmol/L (LAFONTAINE; LONDEREE; SPATH, 1981)
2 mmol/L	Intensidade onde a [La] é igual a 2 mmol/L (KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979)
Tangente	
IAT – Stegmann	Tangente da [La] na fase de recuperação à [La] na curva do teste incremental igual à [La] na cessação do exercício (STEGMANN; KINDERMANN, 1982)
IAT – Simon	Tangente na curva da [La] de 45° (SIMON et al., 1981)
IAT – Keul	Tangente na curva da [La] de 51°34' (KEUL; BERG, 1986)
IAT – Berg	O ponto de intersecção entre a tangente no LME e a função linear para os 90 seg finais do teste incremental (BERG et al., 1980)
IAT – Geiger-Hille	Tangente à curva [La] de 35,3° e 1,62° para corrida e ciclismo usando um polinômio específico, respectivamente (HILLE; GEIGER, 1993)
Máxima distância	
Poli-Dmax	O ponto na curva de regressão polinomial de terceira ordem que produziu a maior distância perpendicular em relação à linha reta formada pelos dois pontos finais da curva [La] (CHENG et al., 1992)
Exp-Dmax	O ponto na curva de regressão exponencial que produziu a maior distância perpendicular em relação à linha reta formada pelos dois pontos finais da curva [La] (MACHADO; NAKAMURA; MORAES, 2012)
Poli-Dmod	O ponto na curva de regressão exponencial que produziu a maior distância perpendicular em relação à linha reta formada pelos dois pontos formados pelo estágio onde ocorreu um aumento >0.4 mmol/L (<i>i.e.</i> , LL ₁) e o ponto final da curva da [La] (BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998)
Exp-Dmod	O ponto na curva de regressão polinomial de terceira ordem que produziu a maior distância perpendicular em relação à linha reta formada pelos dois pontos formados pelo estágio onde ocorreu um aumento >0.4 mmol/L (<i>i.e.</i> , LL ₁) e o ponto final da curva da [La] (JAMNICK et al., 2018)
LME-Poli-Dmod	O ponto na curva de regressão polinomial de terceira ordem que produziu a maior distância perpendicular em relação à linha reta formada pelos dois pontos formados pelo LME (descrito abaixo) e o ponto final da curva da [La] (ZWINGMANN et al., 2019)
Log-Poli-Dmod	O ponto na curva de regressão polinomial de terceira ordem que produziu a maior distância perpendicular em relação à linha reta formada pelos dois pontos formados

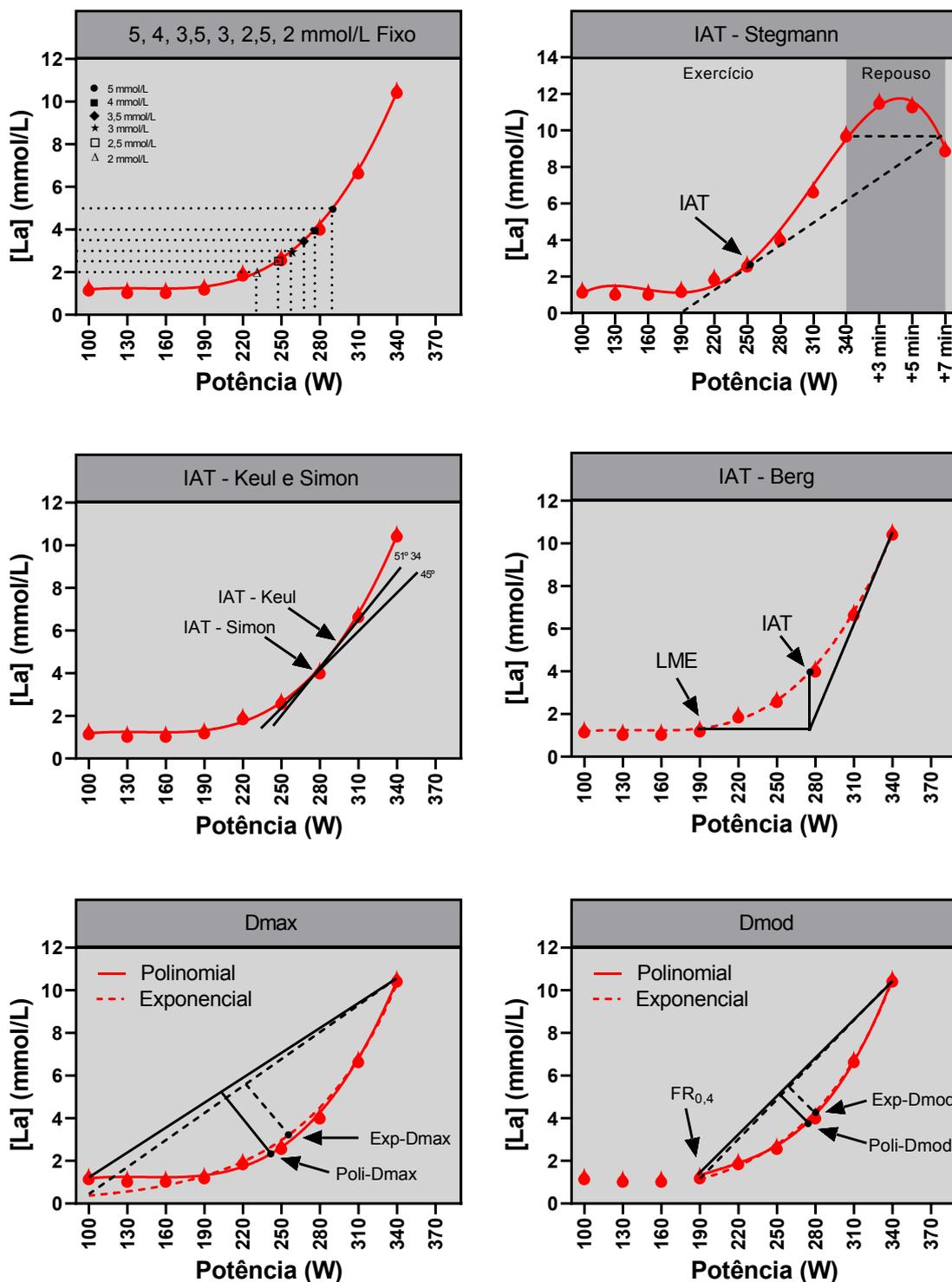
	pelo Log-Log (descrito abaixo) e o ponto final da curva da [La] (JAMNICK et al., 2018)
FR4%-Poli-Dmod	O ponto na curva de regressão polinomial de terceira ordem que produziu a maior distância perpendicular em relação à linha reta formada pelos dois pontos formados pelo FR4% (descrito abaixo) e o ponto final da curva da [La] (ZWINGMANN et al., 2019)
FRS-Poli-Dmod	O ponto na curva de regressão polinomial de terceira ordem que produziu a maior distância perpendicular em relação à linha reta formada pelos dois pontos formados pelo FRS (descrito abaixo) e o ponto final da curva da [La] (ZWINGMANN et al., 2019)
Log-Exp-Dmod	O ponto na curva de regressão exponencial que produziu a maior distância perpendicular em relação à linha reta formada pelos dois pontos formados pelo Log-Log (descrito abaixo) e o ponto final da curva da [La] (JAMNICK et al., 2018)
Delta lactato	
IAT – Baldari-Guidetti	Ponto do segundo na [La] de pelo menos 0.5 mmol/L em relação ao valor do estágio anterior (BALDARI; GUIDETTI, 2000)
Δ 1 mmol/L	Ponto de aumento na [La] maior que 1 mmol/L em relação ao próximo estágio (SNYDER; PARMENTER, 2009)
Δ 2 mmol/L	Ponto de aumento na [La] maior que 2 mmol/L em relação ao próximo estágio (HARP, 2017)
LL reverso	
LL reverso	A carga é aumentada até ~10% acima da MFEL e, em seguida, é reduzida, LL reverso é identificado na primeira queda marcada durante o segmento reverso (DOTAN, 2012)
Ponto de quebra na curva de lactato	
LL ₂ Tri-segmentado	- Ponto anterior a observação de um aumento repentino e sustentado no aumento da [La] entre o primeiro LL e o $\dot{V}O_{2max}$ (HOFMANN et al., 1994) - O início do desequilíbrio no aumento da [La] (DOTAN et al., 2011)
LL ₂ Bi-segmentado	O ponto de intersecção entre o melhor ajuste de um par combinado de regressões linear e exponencial usado para determinar o ponto exato para o início da [La] (MACHADO et al., 2006)
IAT – Bunc	
IAT – Bunc	Divisão da linha do ângulo formado pelas tangentes no ponto mais baixo da curva e o ponto equivalente a [La] em 15 mmol/L (BUNC et al., 1985)
Primeiro aumento +	
Baseline + 0,5 mmol/L	O valor fixo de 0,5 mmol/L é adicionado ao valor do <i>baseline</i> da [La] (PALLARÉS et al., 2016)
Baseline + 1 mmol/L	O valor fixo de 1 mmol/L é adicionado ao valor do <i>baseline</i> da [La] (COYLE et al., 1991; PALLARÉS et al., 2016)
Baseline + 1,5 mmol/L (IAT – Freiburg)	O valor fixo de 1,5 mmol/L é adicionado ao valor do <i>baseline</i> da [La] (SIMON, 1986)
Baseline + 2 mmol/L	O valor fixo de 2 mmol/L é adicionado ao valor do <i>baseline</i> da [La] (PALLARÉS et al., 2016)

Baseline + 2,5 mmol/L	O valor fixo de 2,5 mmol/L é adicionado ao valor do <i>baseline</i> da [La] (PALLARÉS et al., 2016)
Baseline + 3 mmol/L	O valor fixo de 3 mmol/L é adicionado ao valor do <i>baseline</i> da [La] (PALLARÉS et al., 2016)
LME + 1 mmol/L (IAT – Dickhuth)	O valor fixo de 1 mmol/L é adicionado ao valor da [La] do LME (descrito abaixo) (DICKHUTH et al., 1991, 1999)
LME + 1,5 mmol/L (IAT – Dickhuth)	O valor fixo de 1,5 mmol/L é adicionado ao valor da [La] do LME (descrito abaixo) (DICKHUTH et al., 1991, 1999)
Primeiro aumento	
Primeiro limiar de lactato (LL ₁)	- Primeiro aumento claro/súbito e sustentado na [La] acima das concentrações de repouso/ <i>baseline</i> (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1985; CARTER; JONES; DOUST, 1999a; DAVIS et al., 1983; WELTMAN et al., 1990) - Ponto de quebra inicial na [La] (MATSUMOTO et al., 1999) - O estágio anterior a uma elevação $\geq 0,2$ mmol/L na [La] acima dos valores de <i>baseline</i> (STRATTON et al., 2009; WELTMAN et al., 1987)
LL _{0,2}	O estágio acima do qual a [La] aumenta $\geq 0,1$ mmol/L no estágio seguinte e $\geq 0,2$ mmol/L no estágio subsequente (GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2018)
Primeiro aumento de 0.4 mmol/L (FR _{0,4})	Ponto anterior ao aumento na [La] ≥ 0.4 mmol/L entre dois estágios (BISHOP; JENKINS; MACKINNON, 1998)
Primeiro aumento de 4% (FR _{4%})	Ponto anterior ao aumento na [La] $\geq 4\%$ do valor pico da [La] entre dois estágios (ZWINGMANN et al., 2019)
Primeiro aumento <i>slope</i> (FRS)	O ponto da curva [La] ajustada em que a inclinação é igual a 0,02 para ciclismo e 1,0 para corrida (ZWINGMANN et al., 2019)
Lactato mínimo equivalente (LME)	Intensidade corresponde ao menor equivalente [La] \div intensidade (<i>i.e.</i> , $\dot{V}O_2$, velocidade, ou potência) (DICKHUTH et al., 1991, 1999)
Log-Log	Os logaritmo da [La] e do $\dot{V}O_2$ são confrontados, onde a curva da [La] é dividida em 2 seguimentos e a o ponto de intersecção das duas linhas com a menor soma dos quadrados dos resíduos é considerado o Log-Log (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1985)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Detalhes visuais sobre os principais métodos dos limiares de lactato são apresentados nas Figuras 1 e 2.

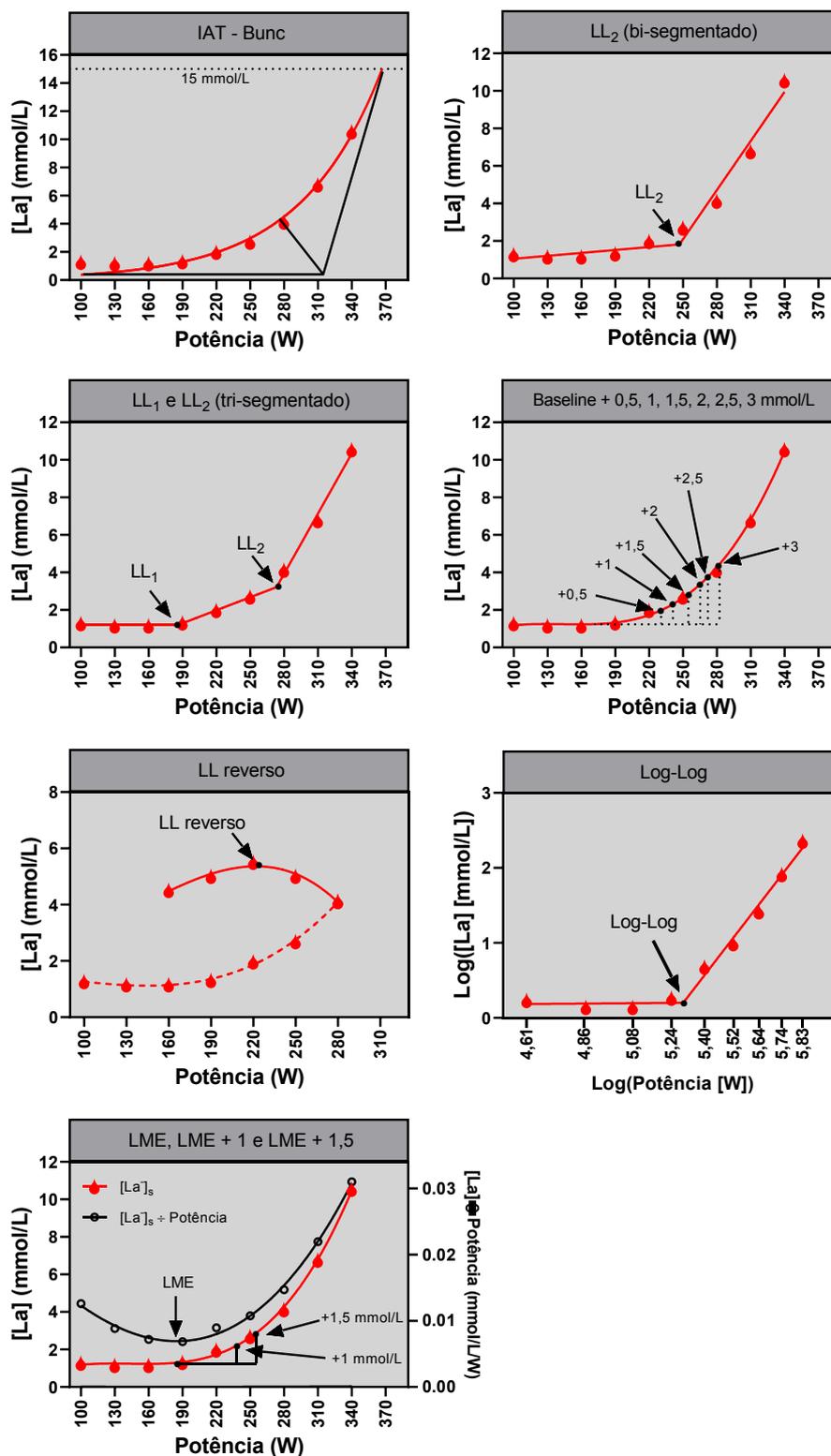
Figura 1 – Exemplos da determinação dos principais métodos dos limiares de lactato (parte 1).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para detalhes consulte o Quadro 1.

Figura 2 – Exemplos da determinação dos principais métodos dos limiares de lactato (parte 2).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para detalhes consulte o Quadro 1.

2.1.1.2 Limiares não invasivos determinados em testes incrementais

Limiares ventilatórios

Os critérios para determinação do LV_1 e LV_2 são apresentados no Quadro 2 e apresentados graficamente na Figura 3. Ao contrário dos limiares de lactato, onde cada método de limiar de lactato possui um critério de determinação, os limiares ventilatórios possuem vários parâmetros para detecção dos 2 limiares. Note que o método *V-slope* é um dos critérios para determinação do LV_1 .

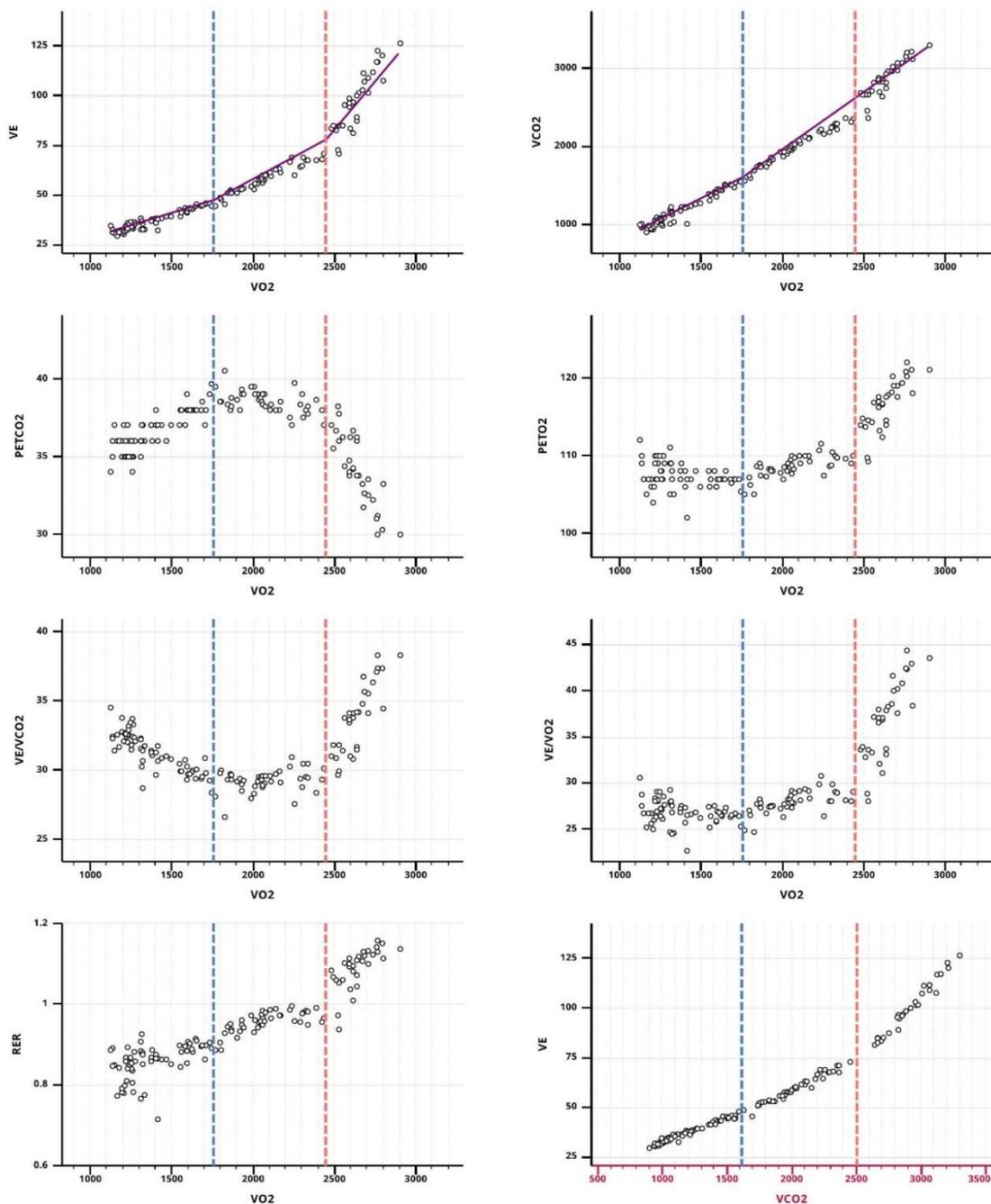
Quadro 2 – Métodos e critérios de determinação dos limiares ventilatórios.

Método	Critério(s)/descrição
<i>Limiares ventilatórios</i>	
LV_2	Inflexão da $\dot{V}E$ versus $\dot{V}CO_2$ (ponto de compensação respiratória) Ponto mais baixo ou aumento não linear de $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ versus potência/velocidade/ $\dot{V}O_2$ Ponto de deflexão de $P_{ET}CO_2$ (BINDER et al., 2008; MEYER et al., 2005)
R1	A razão entre $\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}O_2$ fixada em 1 (BINDER et al., 2008)
<i>V-slope</i>	Intersecção de uma regressão de duas linhas do gráfico $\dot{V}CO_2$ versus $\dot{V}O_2$, com uma mudança da inclinação de menor que 1 para maior ou igual a 1 (WASSERMAN; BEAVER; WHIPP, 1990)
LV_1	Ponto mais baixo ou primeiro aumento de $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ versus potência/velocidade/ $\dot{V}O_2$ sem um aumento simultâneo de $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ versus potência/velocidade/ $\dot{V}O_2$ Ponto mais baixo ou primeiro aumento da $P_{ET}O_2$, enquanto $P_{ET}CO_2$ continua constante ou aumentando (BINDER et al., 2008; MEYER et al., 2005)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Abreviações: $P_{ET}CO_2$ = pressão parcial do gás carbônico; $P_{ET}O_2$ = pressão parcial de oxigênio; R = quociente respiratório; $\dot{V}E$ = ventilação pulmonar; $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ = equivalente ventilação gás carbônico; $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ = equivalente ventilação consumo de oxigênio; $\dot{V}CO_2$ = produção de gás carbônico; $\dot{V}O_2$ = consumo de oxigênio

Figura 3 – Variáveis e critérios para determinação dos limiares ventilatórios 1 (linha azul) e 2 (linha vermelha).



Fonte: Gerada em www.exercisethresholds.com (KEIR et al., 2022) com dados pertencentes ao autor desta tese.

Para detalhes consulte o Quadro 2.

Abreviações: $P_{ET}CO_2$ = pressão parcial do gás carbônico; $P_{ET}O_2$ = pressão parcial de oxigênio; RER = quociente respiratório; $\dot{V}E$ = ventilação pulmonar; $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ = equivalente ventilação gás carbônico; $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ = equivalente ventilação consumo de oxigênio; $\dot{V}CO_2$ = produção de gás carbônico; $\dot{V}O_2$ = consumo de oxigênio

Outros métodos não invasivos

Os outros métodos não invasivos de determinação dos limiares fisiológicos durante testes incrementais são apresentados no Quadro 3. Apesar de serem menos utilizados que os tradicionais ventilatórios, MFEL e PC/VC, a história deles não é nova. Por exemplo, o limiar de fadiga da eletromiografia (EMG_{FT}) (NAGATA et al., 1981) e o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) (CONCONI et al., 1982) começaram a ser estudados na década de 1980. Já os limiares de oxigenação muscular medidos por espectroscopia infravermelha próxima (NIRS) são mais recentes, da década de 1990 (BELARDINELLI et al., 1995; BHAMBHANI; BUCKLEY; SUSAKI, 1997; GRASSI et al., 1999).

Quadro 3 – Outros métodos de limiares fisiológicos determinados em testes incrementais.

Método	Critério(s)/descrição
Limiares de NIRS	
desoxi-PQ	Ponto de quebra da desoxihemoglobina na intercepção entre duas linhas de regressão linear dupla (KEIR et al., 2015)
StO ₂ -PQ	A intensidade do ponto de interrupção da oxigenação muscular é definida como a carga de trabalho antes de uma diminuição na StO ₂ superior a 15% e que leva a uma diminuição contínua (SNYDER; PARMENTER, 2009)
Limiar de Fadiga da Eletromiografia (EMG)	
EMG _{FT}	Ponto na perda de linearidade na EMG (LUCÍA et al., 1999)
Limiares de frequência cardíaca	
PDFC _{visual}	Ponto de transição da fase linear para a fase curvilínea do comportamento da FC durante um teste incremental (CONCONI et al., 1996)
PDFC _{Dmax}	Distância máxima da curva polinomial da FC à linha formada entre a FC em 140-150 bpm até o valor de frequência cardíaca máxima (KARA et al., 1996)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Abreviações: FC = frequência cardíaca; PDFC = ponto de deflexão da frequência cardíaca; PQ = ponto de quebra; StO₂ = saturação do oxigênio tecidual

2.1.2 Máxima fase estável de lactato sanguíneo

O desenvolvimento da MFEL é muitas vezes atribuído ao estudo de Heck et al. (1985) que procurava validar a [La] fixa de 4 mmol/L determinada durante um teste incremental na esteira. A [La] fixa de 4 mmol/L como um “limiar” fisiológico surgiu a partir das observações de Mader et al. (1976), onde os autores relataram que atletas de *endurance* treinados podiam tolerar cargas de trabalho repetidas por períodos de tempo

mais longos perto das concentrações de 4 mmol/L do que nas cargas de trabalho acima de 4 mmol/L que normalmente resultavam em um aumento contínuo na [La]. Para Mader et al. (1976) a concentração de 4 mmol/L foi denominado como o limiar da transição aeróbia-anaeróbia, demarcando a provisão de energia para a manutenção da intensidade de exercício exclusivamente pelo metabolismo oxidativo, para intensidades onde o metabolismo anaeróbio contribui para a provisão de energia, contudo os autores ainda enfatizaram que os processos biológicos são graduais e não abruptos.

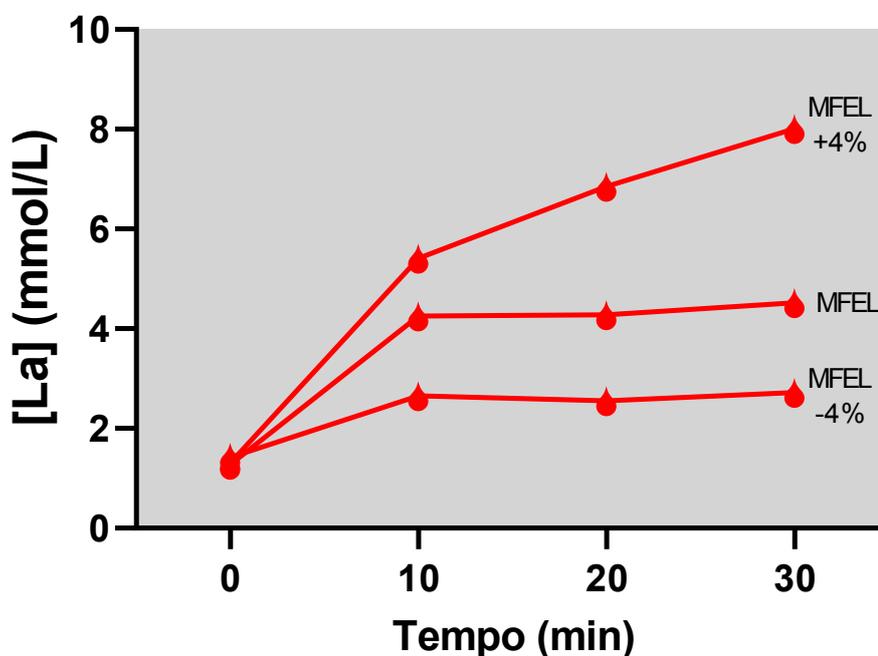
Para testar as suposições de Mader e colaboradores, Heck et al. (1985), dentre os vários experimentos do seu estudo, realizaram 2 testes incrementais com estágios de 3 e 5 min para a determinação do limiar de 4 mmol/L e vários testes de carga constante de 28 min em diferentes velocidades para determinação da MFEL. A MFEL foi definida como a maior velocidade onde a [La] apresentou um delta máximo de 1 mmol/L durante os 20 min finais do teste. Os autores verificaram que velocidade da MFEL quando extrapolada para os testes incrementais com estágios de 3 e 5 min correspondia em média as velocidades associadas as [La] de 3,50 e 4,05 mmol/L na curva de lactato, respectivamente. Assim, indicando que o uso de 4 mmol/L como uma estimativa aproximada da MFEL durante um teste incremental na corrida necessitaria de pelo menos estágios de 5 min de duração. Porém, não podemos deixar de citar que 4 e 3,5 mmol/L representaram uma média de 16 sujeitos, existindo uma grande variabilidade individual nas [La] (2,40 a 4,54 e 2,85 a 5,20 mmol/L, respectivamente). Nesse estudo, os autores ainda compararam o limiar individual de Keul com a MFEL, e na versão expandida do estudo publicada em alemão ainda foram comparados os limiares individuais de Stegmann e Bunc (HECK; HESS; MADER, 1985).

Vale ressaltar que Heck et al. (1985) estabeleceram o protocolo “tradicional” da MFEL baseado em múltiplos testes de cargas constantes em diferentes dias. Contudo, estudos anteriores e posteriores procuravam validar os métodos de limiares e concentrações fixas de lactato (AUNOLA; RUSKO, 1992; FOXDAL; SJÖDIN; SJÖDIN, 1996; RIBEIRO et al., 1986; STEGMANN; KINDERMANN, 1982; URHAUSEN et al., 1993), teste de lactato mínimo (LACM) (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993) e PC (DE LUCAS et al., 2002; MCLELLAN; CHEUNG, 1992; OVEREND et al., 1992; POOLE et al., 1988; POOLE; WARD; WHIPP, 1990; VAUTIER et al., 1995; WAKAYOSHI et al., 1993) colocando os sujeitos a se exercitar nas intensidades (ou em

intensidades logo acima) desses limiares durante testes de carga constante para verificar o comportamento do lactato.

A MFEL ganhou grande popularidade com os trabalhos desenvolvidos entre o final da década de 1990 e começo dos anos 2000. Os trabalhos procuraram verificar uma série de aspectos metodológicos inerentes a MFEL (BENEKE, 1995, 2001, 2003a; BENEKE et al., 2003; BENEKE; HÜTLER; LEITHÄUSER, 2000; BENEKE; VON DUVILLARD, 1996; BILLAT et al., 1994, 2003). O que levou o protocolo mais “tradicional” de determinação da MFEL ao método desenvolvido por Heck et al. (1985) que consiste em vários testes de carga constante em diferentes cargas de trabalho (*i.e.*, velocidade, potência) com duração de 30 min realizados em diferentes dias. Sendo a MFEL definida como a maior carga de trabalho onde ocorre um equilíbrio de 1 mmol/L na [La] entre os minutos 10 e 30 do teste (BENEKE, 2003a) (Figura 4). Contudo, outros protocolos existem e são detalhados na Tabela 1.

Figura 4 - Exemplo do protocolo de determinação da máxima fase estável de lactato sanguíneo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 1 – Diferentes protocolos de determinação da máxima fase estável de lactato sanguíneo.

MFEL	Duração (min)	Tempo do Δ [La]	Δ [La]		Referência
			(mmol/L)	(mmol/L/min)	
1	30	10 ^o ao 30 ^o min	1,0	0,05	(BENEKE, 1995)
2	20	10 ^o ao 20 ^o min	0,5	0,05	(ALMARWAEY; JONES; TOLFREY, 2004)
3	10	5 ^o ao 10 ^o min	0,5	0,10	(WILLIAMS; ARMSTRONG, 1991)
4	20	10 ^o ao 20 ^o min	0,02	0,02	(HAVERTY; KENNEY; HODGSON, 1988)
5	30	15 ^o ao 30 ^o min	1,0	0,07	(IANNETTA et al., 2022; NIXON et al., 2021; YAMAMOTO et al., 1991)
6	2 × 20:40	5 ^o ao 20 ^o min	0,0	0,00	(BILLAT et al., 1994)
7	2 × 30:40	5 ^o ao 30 ^o min	0,0	0,00	(BILLAT et al., 1994)
8	30	20 ^o ao 30 ^o min	1,0	0,10	(IANNETTA et al., 2022; NIXON et al., 2021)
9	20	10 ^o ao 20 ^o min	1,0	0,10	(NIXON et al., 2021)
10	30	10 ^o ao 30 ^o min	1,5	0,08	(NIXON et al., 2021)
11	20	10 ^o ao 20 ^o min	1,5	0,15	(NIXON et al., 2021)
12	30	15 ^o ao 30 ^o min	1,5	0,10	(NIXON et al., 2021)
13	30	20 ^o ao 30 ^o min	1,5	0,15	(NIXON et al., 2021)
14	30	10 ^o ao 30 ^o min	2,0	0,10	(NIXON et al., 2021)
15	20	10 ^o ao 20 ^o min	2,0	0,20	(NIXON et al., 2021)
16	30	15 ^o ao 30 ^o min	2,0	0,13	(NIXON et al., 2021)
17	30	20 ^o ao 30 ^o min	2,0	0,20	(NIXON et al., 2021)
18	30	5 ^o ao 30 ^o min	1,0	0,04	(IANNETTA et al., 2022)
19	30	25 ^o ao 30 ^o min	1,0	0,20	(IANNETTA et al., 2022)

Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1.3 Potência crítica

Quase um século atrás Hill (1927) descreveu a relação entre a intensidade e a duração do exercício até a exaustão. Anos depois essa relação foi descrita por Monod e Scherrer (1965) como sendo uma função linear entre o trabalho realizado e o tempo de exaustão (TLim) em uma série de testes em diferentes intensidades realizados em pequenos grupos musculares. O coeficiente angular da função matemática desta relação foi chamada de “potência crítica”, sendo a PC inicialmente definida como a maior taxa de trabalho que poderia ser mantida por um longo tempo sem fadiga (MONOD; SCHERRER, 1965).

Anos depois, Moritani et al. (1981) transferiram o conceito da PC para exercícios de “corpo inteiro”, neste estudo o exercício foi realizado em ciclo-ergômetro. Os autores modelaram a PC utilizando a equação proposta por Monod e Scherer (1965) e por uma função hiperbólica entre a potência e o TLim derivadas de cinco cargas de trabalho. Para a função hiperbólica, a PC foi definida como a assíntota da reta, o intercepto constituiu um segundo parâmetro denominado de capacidade de trabalho anaeróbio (W'). Onde o W' representa a reserva de trabalho que pode ser sustentada em intensidades acima da PC.

Tradicionalmente, a PC e capacidade de trabalho finita acima da PC (W') são determinadas pela realização de uma série de testes de tempo limite/exaustão (TLim), onde as tarefas TLim são caracterizadas por se fixar uma carga de trabalho externa (ou seja, potência ou velocidade) e o sujeito sustentar o maior tempo possível até a exaustão voluntária. Contudo, surgiu na natação o uso de provas de contrarrelógio (CR) para modelar a velocidade crítica (VC – análoga a PC) (WAKAYOSHI et al., 1993), e se estendeu para outros modos de exercício (KARSTEN et al., 2015; MUNIZ-PUMARES et al., 2019). Portanto, os CRs ou TLims são usados para modelar a relação tempo-potência/velocidade usando equações lineares e não lineares, como a seguir:

- PC e VC de 3-parâmetros hiperbólica ($PC_{3\text{-hip}}$) (MORTON, 1996):

$$\text{tempo} = \left(\frac{W'}{\text{potência}} - PC \right) + \left(\frac{W'}{PC} - P_{\text{max}} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{tempo} = \left(\frac{d'}{\text{velocidade}} - VC \right) + \left(\frac{d'}{VC} - V_{\text{max}} \right) \quad (\text{Eq. 2})$$

onde, P_{max} e V_{max} são a máxima potência e velocidade instantâneas, respectivamente, W' e d' são o trabalho e a distância acima da PC e VC, respectivamente.

- PC e VC 2-parâmetros hiperbólica ($PC_{2\text{-hip}}$) (HILL, 1993):

$$\text{tempo} = \frac{W'}{\text{potência} - PC} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\text{tempo} = \frac{d'}{\text{velocidade} - VC} \quad (\text{Eq. 4})$$

- PC e VC linear trabalho-tempo (PC_{linear}) (MORITANI et al., 1981):

$$W_{\text{lim}} = W' + PC \times \text{tempo} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$\text{distância} = d' + VC \times \text{tempo} \quad (\text{Eq. 6})$$

onde, W_{lim} é o trabalho feito (potência \times tempo).

- PC e VC linear potência-inverso do tempo ($1/\text{tempo}$) ($PC_{1/\text{tempo}}$) (HILL, 1993):

$$\text{potência} = W' \left(\frac{1}{\text{tempo}} \right) + PC \quad (\text{Eq. 7})$$

$$\text{velocidade} = d' \left(\frac{1}{\text{tempo}} \right) + VC \quad (\text{Eq. 8})$$

- PC e VC exponencial (PC_{exp}) (HOPKINS et al., 1989):

$$\text{potência} = PC + (P_{max} - PC) \exp(-t/\tau) \quad (\text{Eq. 9})$$

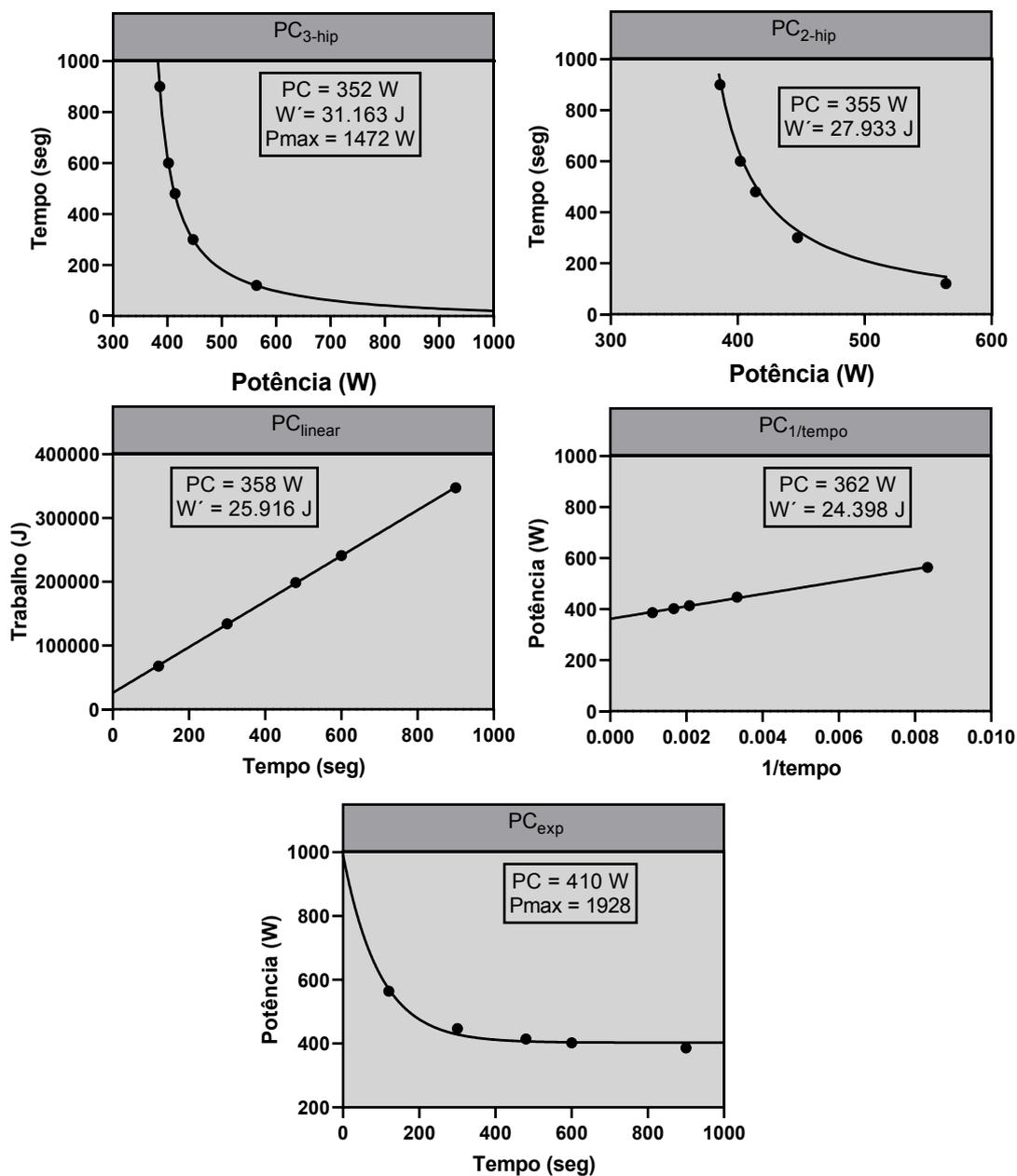
$$\text{velocidade} = VC + (V_{max} - VC) \exp(-t/\tau) \quad (\text{Eq. 10})$$

onde, τ é uma constante. Note que no modelo da PC_{exp} não é possível derivar o W' .

A PC também pode ser estimada pela potência/velocidade média dos últimos 30 segundos durante um esforço *all-out* de 3 min ($PC_{3-\text{min}}$), onde o trabalho finito acima da $PC_{3-\text{min}}$ (WEP' – *work above end test power*) é estimado como o trabalho (em Joules) realizado nos 150 segundos iniciais do teste (BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; VANHATALO; DOUST; BURNLEY, 2008).

A PC/VC e W'/d' descrevem a relação entre a carga de trabalho e a duração do exercício. No início do estudo da PC/VC ela começou a ser comparada aos já estabelecidos limiares fisiológicos determinados em testes incrementais (MORITANI et al., 1981). Contudo, Poole e colaboradores verificaram no final de década de 1980 e começo da década de 1990 que a PC demarcou a maior intensidade de exercício onde não se atinge o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2\text{max}$) (POOLE et al., 1988; POOLE; WARD; WHIPP, 1990). Além disso, a PC representa a maior intensidade onde ocorre a estabilidade no lactato muscular e sanguíneo, $[H^+]$, concentração de fosfocreatina e fosfato inorgânico (BLACK et al., 2017; JONES et al., 2008; VANHATALO et al., 2016). Portanto, é sugerido que a PC é o limiar fisiológico divisor dos domínios de intensidade pesado e severo (BURNLEY; JONES, 2007, 2018; CRAIG et al., 2019; HILL; POOLE; SMITH, 2002; JONES et al., 2010; POOLE et al., 1988; POOLE; WARD; WHIPP, 1990).

Figura 5 - Exemplo de modelos de potência crítica convencionais de múltiplas cargas constantes.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Abreviações: J = joules; PC = potência crítica; PC_{exp} = potência crítica pelo modelo exponencial; PC_{linear} = potência crítica pelo modelo linear trabalho-tempo; PC_{1/tempo} = potência crítica pelo modelo linear inverso do tempo; PC_{2-hip} = potência crítica pelo modelo hiperbólico de 2 parâmetros; PC_{3-hip} = potência crítica pelo modelo hiperbólico de 3 parâmetros; Pmax = potência máxima instantânea (~1 seg); seg = segundos; W' capacidade de trabalho finita acima da potência crítica; W = watts

2.1.4 Lactato mínimo

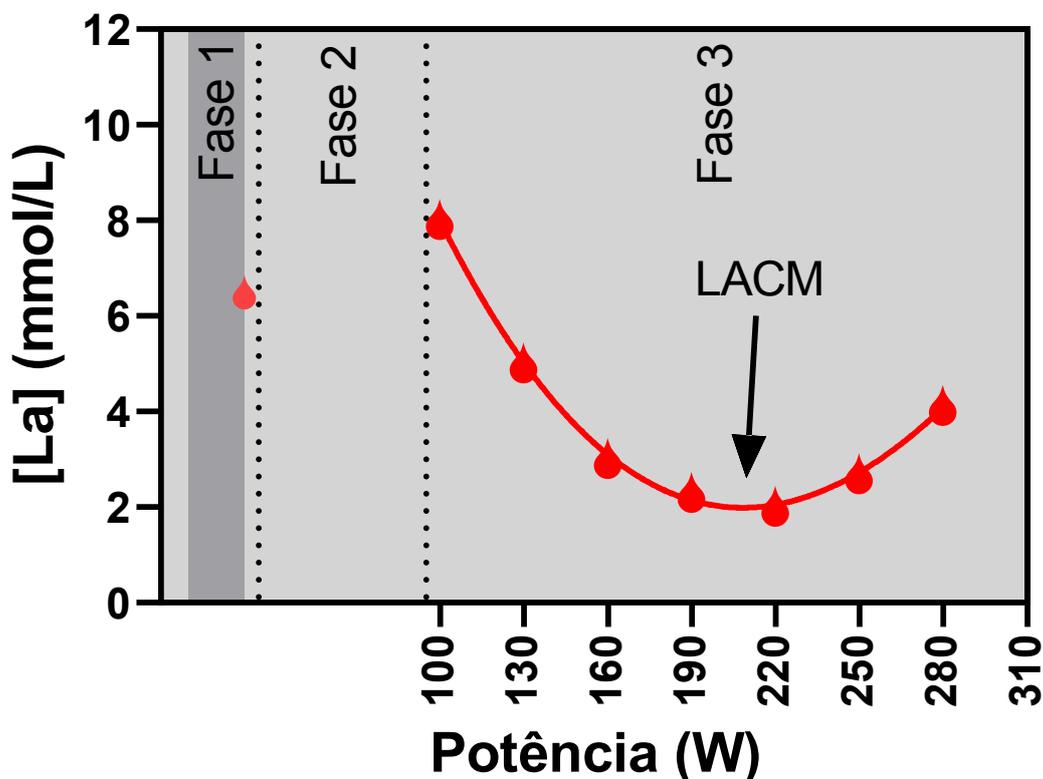
É creditado ao trabalho de Tegtbur; Busse; Braumann (1993) o desenvolvimento do teste de LACM. Porém, anos antes Davis et al. (1983) e Davis; Gass (1979, 1981) já haviam observado que vários testes incrementais realizados em sequência (2 a 3) produziam um comportamento interessante na curva de lactato. No primeiro teste a curva possuía um formato “tradicional” de aumento exponencial, contudo nos testes subsequentes a curva de lactato apresentava um formato de “U”, com a [La] elevada com subsequente diminuição e aumento ao longo do incremento das cargas. Curiosamente, o menor ponto da curva de [La] nos testes 2 e 3 era próximo ao valor do LL_2 do teste 1 (DAVIS et al., 1983; DAVIS; GASS, 1979, 1981).

O teste de LACM é composto por três fases (MESSIAS et al., 2017; TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993):

- **Fase 1:** nesta fase é realizado um ou mais esforços de alta intensidade geralmente *sprints* curtos, ou um teste incremental. O objetivo desta fase é aumentar a [La] por meio do exercício;
- **Fase 2:** esta fase é destinada para que a [La] atinja seu maior valor, portanto essa fase é composta por um período de exercício em intensidade muito baixa ou repouso durando entre 5 e 10 min;
- **Fase 3:** nesta fase é identificado o menor valor da [La] durante e conseqüentemente a intensidade de exercício (potência, velocidade, *etc.*) associada ao LACM. Esta fase é composta por um teste incremental de estágios, onde a [La] possui um comportamento de “U” com o aumento das cargas.

As vantagens do LACM em relação aos limiares tradicionais de lactato podem ser atribuídas ao fato de que na mesma sessão de teste podem ser determinados índices anaeróbios na Fase 1 em conjunção com a determinação do LACM. O LACM possui um *background* fisiológico mais robusto comparado a muitos métodos de limiares de lactato que são parâmetros matemáticos que descrevem o comportamento da curva de [La]. Além disso, a intensidade correspondente ao LACM demonstrou não variar independente dos estoques de glicogênio muscular (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993), fato tal que influencia principalmente os limiares de lactato fixos.

Figura 6 – Exemplo de um teste de lactato mínimo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.2 REVISÕES SISTEMÁTICAS E METAS-ANÁLISES

2.2.1 Revisão sistemática da literatura

Um estudo de revisão consiste na compilação de uma série de vários outros estudos, podendo ser realizada de forma narrativa ou sistematizada. As revisões narrativas são preferencialmente feitas por um estudioso da área, onde o mesmo por meio da sua experiência no tema pode inferir tanto a partir dos estudos publicados quanto inserindo seu conhecimento. As revisões sistemáticas se diferenciam das revisões narrativas pelo fato de terem um método estabelecido quanto a fonte de busca dos estudos, processo de seleção dos estudos, critérios específicos de inclusão e exclusão dos estudos e na forma de apresentação dos resultados.

Vale ressaltar que existem diversos tipos de revisões específicas, por exemplo, recentemente Sutton et al. (2019) identificaram 48 tipos de revisão de literatura, sendo categorizadas em sete famílias. Contudo, as revisões sistemáticas são apontadas como o

tipo mais importante e a principal fonte para a elaboração de evidências científicas robustas.

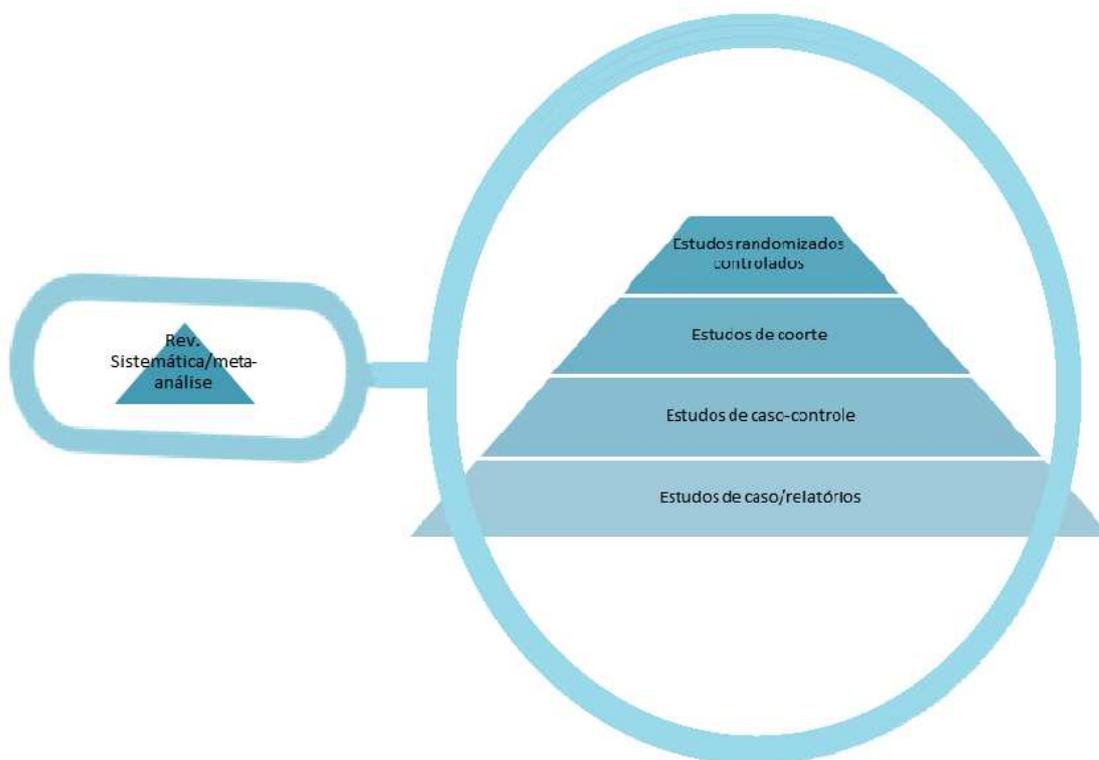
As revisões sistemáticas (com ou sem metas-análises) são comumente apontadas como a melhor fonte de evidência científica, geralmente representada graficamente pela pirâmide da evidência estando no topo (Figura 8) (MURAD et al., 2016). Vale ressaltar que a pirâmide da evidência foi recentemente reformulada como uma lupa (Figura 9), sendo o cabo da lupa as revisões sistemáticas (com ou sem metas-análises) captando os dados dos estudos experimentais pela sua lente para construção da evidência científica compilada (MURAD et al., 2016). A reformulação faz sentido, pois as revisões sistemáticas reúnem os estudos que estão abaixo dela na pirâmide, ou seja, os estudos experimentais.

Figura 7 – Pirâmide da hierarquia do nível de evidência científica de diferentes tipos de estudos.



Fonte: Adaptada de Murad et al. (2016).

Figura 8 – Reformulação da pirâmide para a lupa da hierarquia do nível de evidência científica de diferentes tipos de estudos.



Fonte: Adaptada de Murad et al. (2016).

2.2.1.1 Declaração PRISMA

Em 1999, a fim de melhorar a qualidade da descrição de meta-análises, um grupo internacional desenvolveu uma orientação chamada Declaração QUOROM (*Quality Of Reporting Of Meta-analysis*), que se concentrava no relato de meta-análises de ensaios clínicos randomizados (MOHER et al., 1999). O grupo QUOROM foi composto por 30 epidemiologistas clínicos, médicos, estatísticos, editores e pesquisadores. Na conferência, foi solicitado ao grupo identificar os itens que eles achavam que deveriam ser incluídos em uma lista de verificação de padrões em meta-análises de ensaios clínicos randomizados. A conferência resultou na declaração QUOROM, que consistiu em uma lista de verificação de itens e um fluxograma padrão para a seleção dos estudos.

A lista de verificação da QUOROM descreve a maneira ideal segundo esse grupo de pesquisadores para apresentar o resumo, introdução, métodos, resultados e discussão de uma meta-análise. O *check-list* contém itens relativos à seleção, avaliação de validade,

obtenção dos dados, características dos estudos e síntese quantitativa dos dados e nos resultados com fluxograma da seleção dos estudos, características dos estudos e síntese quantitativa de dados. O fluxograma fornece informações sobre o número de estudos identificados, incluídos e excluídos e as razões para a exclusão deles (MOHER et al., 1999).

Em 2009, a diretriz QUOROM foi atualizada para abordar vários avanços conceituais e práticos na ciência das revisões sistemáticas, além de não focar somente em ensaios clínicos randomizados e foi renomeada para *Preferred Reporting Items of Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (MOHER et al., 2009). Para garantir sua atualidade e relevância, em 2017 um grupo internacional decidiu atualizar a declaração PRISMA 2009 incorporando avanços na metodologia e terminologia da revisão sistemática ocorridos na última década. A declaração PRISMA 2020 foi postada como uma *pre-print* no MetaArXiv em setembro de 2020 e publicada em março de 2021 (PAGE et al., 2021a, 2021b). O *checklists* e o fluxograma de seleção dos estudos segundo o PRISMA podem ser baixados gratuitamente no site do PRISMA (<http://prisma-statement.org/>).

Recentemente, Rico-González et al. (2021) procuraram avaliar as meta-análises na ciências do esporte e do exercício quanto ao seguimento da declaração PRISMA e propor ajustes específicos para essa área do conhecimento. As sugestões de alteração em relação ao PRISMA (PAGE et al., 2021a, 2021b) são mínimas como uma pequena modificação do fluxograma (para uma versão muito mais simplista do que a proposta atualmente na atualização do PRISMA 2020 (PAGE et al., 2021a, 2021b)), a não utilização da estratégia PICO(S) nas buscas, a sugestão de pré-registro especificamente na plataforma PROSPERO e o uso de tabelas descritivas dos resultados mais detalhadas. Além disso, os autores trazem um checklist adaptado de várias outras revisões sistemáticas com meta-análise das ciências do esporte e do exercício publicadas em periódicos ou *guidelines* relacionados a revisões sistemáticas.

Ainda sobre o PRISMA, recentemente 19 especialistas nas áreas das ciências do esporte e do exercício colaboraram com três especialistas em métodos para identificar exemplos em revisões sistemáticas já publicadas nas áreas da medicina do esporte e do exercício (incluindo atividade física), reabilitação musculoesquelética (incluindo fisioterapia) e ciências do esporte, para cada um dos itens da declaração PRISMA 2020,

para que possa ser um guia mais próximo a realidade dessa área do conhecimento (ARDERN et al., 2021). A orientação do PRISMA em Exercício, Reabilitação, Medicina do Esporte e Ciência dos Esportes (“*Prisma in Exercise, Rehabilitation, Sport medicine and Sports Science – PERSiST*”) teve como objetivo ajudar: (1) autores de revisões sistemáticas a melhorar a transparência e o relatório de revisões sistemáticas e (2) editores de periódicos e revisores por pares a tomarem decisões informadas sobre a qualidade dos relatórios de revisões sistemáticas (ARDERN et al., 2021).

2.2.1.2 Pré-registro de revisões sistemáticas

Os principais benefícios do pré-registro de um protocolo de revisão sistemática, principalmente as que envolvem meta-análise, são principalmente dois. Primeiramente, o processo de registro prévio obriga o pesquisador a formular uma justificativa do estudo para uma questão de pesquisa específica, que é a base da revisão sistemática (COUNSELL, 1997). Segundamente, o pré-registro auxilia a evitar vieses, fornecendo evidências das intenções de análise *a priori*. A meta-análise é suscetível a hipóteses (neste caso suposições advindas de crenças dos pesquisadores sobre o assunto) após os resultados serem conhecidos, conhecida na língua inglesa como “*HARKing (hypothesizing after the results are known)*” (KERR, 1998). No caso de meta-análises, os critérios de inclusão e exclusão dos estudos podem ser ajustados depois que os resultados são conhecidos para acomodar os resultados desejados pelos pesquisadores ou ainda para reduzir o viés de publicação (QUINTANA, 2015). Podendo ocorrer ainda a não publicação da meta-análise por causa de resultados não significativos (TRICCO et al., 2009). Essas questões são especialmente relevantes se os pesquisadores tiverem conflito de interesse material ou intelectual com os resultados da revisão (QUINTANA, 2015). As revisões sistemáticas com ou sem meta-análises podem ser registradas nas plataformas *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO) e *Open Science Framework* (OSF).

A plataforma PROSPERO (<https://www.crd.york.ac.uk/prosperto/>) é um banco de dados internacional de revisões sistemáticas prospectivamente registradas nas subáreas da saúde. Os principais recursos do protocolo de revisão são registrados e mantidos como um registro permanente. A PROSPERO fornece uma lista abrangente de revisões sistemáticas registradas para ajudar a evitar a duplicação e reduzir o viés nos resultados reportados nas revisões, permitindo a comparação da revisão concluída com o que foi

planejado no protocolo. A PROSPERO é mantida pelo *Centre for Reviews and Dissemination* da Universidade de York e financiado pelo *National Institute for Health Research* do Reino Unido.

A plataforma *Open Science Framework* (OSF - <https://osf.io/>) é mantida pelo *Center for Open Science*. Na OSF é possível fazer o registro de estudos experimentais e revisões, é possível depositar de forma de livre acesso materiais suplementares como códigos de análise, descrições de métodos mais expandidos relacionados a revisão além de ser possível depositar uma cópia da revisão publicada com livre acesso, tal como é a plataforma *Research Gate*.

A diferença entre a PROSPERO e a OSF deve-se ao fato que a PROSPERO limita os registros a área da saúde, enquanto na OSF não há objeções quanto a área do estudo. Além disso, recentemente a PROSPERO mudou seus critérios de elegibilidade, não aceitando mais revisões que incluem como desfecho a performance esportiva. Além disso, na PROSPERO o registro passa por uma breve revisão de um profissional quando a sua elegibilidade referente a área da saúde, o que pode causar um *delay* no registro. Já na OSF, depois do investigador confirmar o registro ele se torna público em alguns dias. Outra diferença entre as plataformas é a possibilidade de atualização do registro, na PROSPERO o investigador pode atualizar várias partes do seu registro, ficando disponível ao público todas as versões do registro, já na OSF o registro é único e definitivo.

Um guia para registros de revisões sistemáticas com ou sem meta-análises foi desenvolvido como uma expansão da declaração PRISMA, neste caso o PRISMA-P referindo-se ao PRISMA de protocolos (P) (SHAMSEER et al., 2015). As diretrizes do PRISMA-P fornecem uma estrutura para protocolos de registro de meta-análises, recomendando que os protocolos incluam detalhes como justificativa dos estudos, critérios de elegibilidade dos estudos, estratégia de pesquisa nas bases de dados, variáveis moderadoras das análises, análise do risco de viés e a abordagem estatística a ser utilizada (SHAMSEER et al., 2015).

2.2.1.3 Avaliação do risco de viés metodológico (qualidade) dos estudos

A principal diferença entre revisões narrativas e sistemáticas pode ser atribuída ao método de síntese utilizado na RS, enquanto na revisão narrativa não há qualquer método empregado. A esse respeito as RS se utilizam de ferramentas para a avaliação da qualidade metodológica (risco de viés) dos estudos incluídos na síntese qualitativa ou quantitativa. Essas ferramentas são escalas, onde os pesquisadores têm questões definidas e escores para cada questão metodológica dos estudos. Para cada tipo de desenho experimental ou tipo de estudo existem escalas específicas, no Quadro 4 são apresentadas as principais escalas relacionadas principalmente aos estudos mais comuns realizados nas ciências do exercício e do esporte.

O grande problema das escalas de avaliação do risco de viés é a subjetividade dos escores a serem empregados. Tal como foi demonstrado recentemente por MacMillan et al. (2020), onde os autores verificaram que diferentes RS sobre o tema da relação agudo-crônica na carga de treinamento sobre a ocorrência de lesões em atletas chegaram a diferentes conclusões sobre o risco de viés sobre os estudos deste tema.

Quadro 4 – Principais ferramentas para avaliação da qualidade metodológica de estudos incluídos em revisões sistemáticas.

Ferramenta	Tipos de estudos que avalia	Características	Referência
RoB 2	Randomizados controlados	A RoB 2 é estruturada em um conjunto fixo de domínios de vieses, com foco em diferentes aspectos do desenho, condução e relatório do estudo. Dentro de cada domínio, uma série de perguntas ('perguntas de sinalização') visa obter informações sobre as características do estudo que são relevantes para o risco de viés. Uma proposta de julgamento sobre o risco de viés decorrente de cada domínio é gerada por um algoritmo, com base nas respostas às questões de sinalização. O julgamento pode ser de risco 'Baixo', 'Alto' ou 'Algumas preocupações'.	(STERNE et al., 2019)
ROBINS-I	Não-randomizados controlados	Os tipos de estudos que podem ser avaliados com esta ferramenta são estudos quantitativos que estimam a eficácia (dano ou benefício) de uma intervenção, que não utilizou a randomização para alocar os sujeitos para grupos de comparação. Isso inclui estudos onde a alocação ocorre durante o curso de decisões de tratamento usuais ou escolhas das pessoas: tais estudos são frequentemente chamados de "observacionais".	(STERNE et al., 2016)
PEDro	Randomizados controlados	Escala com 11 critérios a respeito dos métodos e desfechos empregados nos estudos. Desenvolvida para estudos da fisioterapia, porém, muito utilizada na área das ciências do esporte e do exercício. Atualizada pela última vez em 1999.	(MAHER et al., 2003)
COSMIN	Propriedades de medição (i.e., validade e reprodutibilidade)	A ferramenta COSMIN avalia o risco de viés dos estudos sobre confiabilidade ou erro de medição. A ferramenta consiste em duas partes. Na Parte A, o objetivo é entender como os resultados do estudo em análise podem nos informar sobre a qualidade dos instrumentos de medição de resultados. A Parte B pode ser usada para avaliar a qualidade do estudo e contém padrões referentes aos requisitos de projeto e métodos estatísticos preferidos de estudos sobre propriedades de medição.	(MOKKINK et al., 2020; TERWEE et al., 2012)
TESTEX	Ciências do esporte e do exercício	Desenvolvida para avaliação da qualidade de estudos nas ciências do exercício, projetada especificamente para uso em estudos de treinamento físico. A ferramenta possui uma escala de 15 pontos (5 pontos para a qualidade do estudo e 10 pontos para o relatório) e aborda os critérios de qualidade anteriormente não mencionados em outras escalas de avaliação específicos para estudos de treinamento físico.	(SMART et al., 2015)

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2.2 Meta-análise

2.2.2.1 Contexto histórico e definição

É creditado à Karl Pearson como sendo um dos primeiros usuários de técnicas meta-analíticas (CHALMERS; HEDGES; COOPER, 2002; COOPER; HEDGES; VALENTINE, 2019). Pearson (1904) investigou a relação entre mortalidade e inoculação com uma vacina para febre entérica combinando coeficientes de correlação de 11 estudos independentes. Obviamente a técnica meta-analítica utilizada por Pearson é bem diferente das técnicas estatísticas utilizadas hoje em dia, neste estudo foi feita uma média simples dos valores de correlação.

O termo “meta-análise” foi estabelecido em 1976 por Gene Glass por “representar a análise estatística de uma grande coleção de análises de resultados de estudos individuais com a finalidade de integrar as descobertas [texto traduzido da língua inglesa]” (GLASS, 1976).

2.2.2.2 Tipos de modelos meta-analíticos

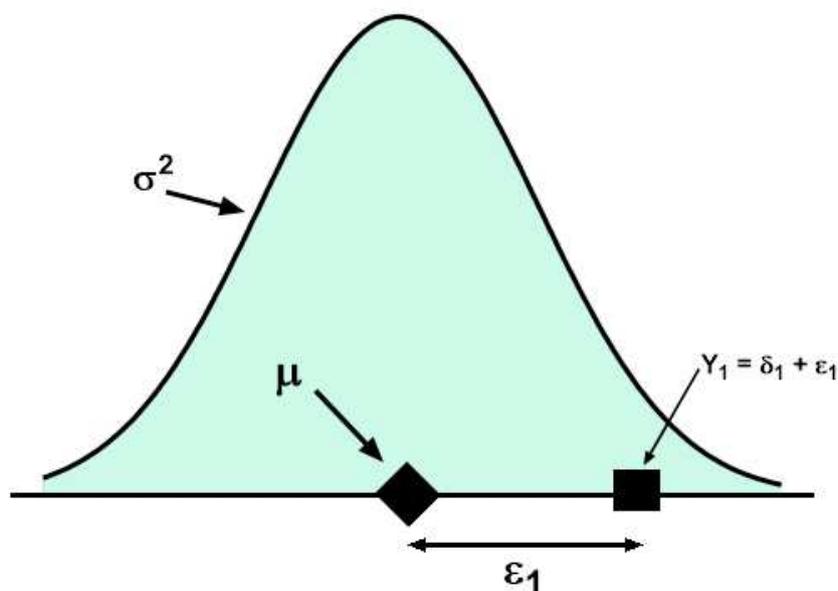
Meta-análises de efeitos fixos

Definição de um efeito combinado

O modelo de efeitos fixos (ou efeitos comuns (GELMAN; HILL, 2007)) assume que todos os estudos na meta-análise são derivados de uma população comum (BORENSTEIN et al., 2009). Dito de outra forma, todos os fatores que podem influenciar o tamanho do efeito são os mesmos em todos os estudos e, portanto, o tamanho do efeito é o mesmo em todas as populações dos estudos. Deste modo, o tamanho do efeito observado varia de um estudo para outro apenas por causa do erro aleatório inerente em cada estudo (BORENSTEIN et al., 2009).

Em uma meta-análise de efeito fixo, é assumido que todos os estudos incluídos compartilham um tamanho de efeito comum, μ . Os efeitos observados são distribuídos em cerca de μ , com uma variância σ^2 que depende principalmente do tamanho da amostra de cada estudo.

Figura 9 – Representação esquemática do modelo de meta-análise de efeito fixo.



Fonte: Adaptado de Borenstein et al. (2009).

Os efeitos observados são amostras de uma distribuição com efeito verdadeiro μ e variância σ^2 . O efeito observado Y_1 é igual a $\mu + \varepsilon_1$.

No esquema acima, o efeito observado no Estudo 1, Y_1 , é determinado pelo efeito comum μ mais o erro dentro do estudo ε_1 . De forma geral, para qualquer efeito observado Y_i :

$$Y_i = \mu + e_i \quad (\text{Eq. 11})$$

No modelo de efeito fixo, há apenas um nível de amostragem, uma vez que todos os estudos são amostras de uma população com tamanho de efeito μ . Portanto, é preciso lidar com apenas uma fonte de erro de amostragem, o erro dentro dos estudos (e).

Atribuição de pesos sob o modelo de efeito fixo

O peso de cada estudo para que seja computada a média final meta-analítica é dada como:

$$w_i = \frac{1}{S^2_i} \quad (\text{Eq. 12})$$

Onde, S^2_i é a variância dentro de cada estudo i . A média ponderada (\bar{Y}_w) é então calculada como:

$$\bar{Y}_{\bullet} = \frac{\sum_{i=1}^k w_i Y_i}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (\text{Eq. 13})$$

ou seja, a soma dos produtos $w_i Y_i$ (tamanho do efeito multiplicado pelo peso) dividida pela soma dos pesos. A variância do efeito meta-analisado é definida como o recíproco da soma dos pesos, ou

$$V^2_{\bullet} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (\text{Eq. 14})$$

onde o erro padrão (EP) da média meta-analisada é a raiz quadrada da variância

$$\sigma_{EP_{Y_{\bullet}}} = \sqrt{V^2_{\bullet}} \quad (\text{Eq. 15})$$

2.2.2.3 Meta-análises de efeitos aleatórios

Definição de um efeito combinado

O modelo de efeitos aleatórios (ou efeitos variantes (GELMAN; HILL, 2007)) assume que os estudos foram retirados de populações que diferem umas das outras de maneira que poderiam impactar no tamanho do efeito. Os tamanhos de efeito variam de um estudo para outro por duas razões. O primeiro é o erro aleatório dentro dos estudos, como no modelo de efeito fixo. O segundo é a variação real no tamanho do efeito de um estudo para o outro (BORENSTEIN et al., 2009).

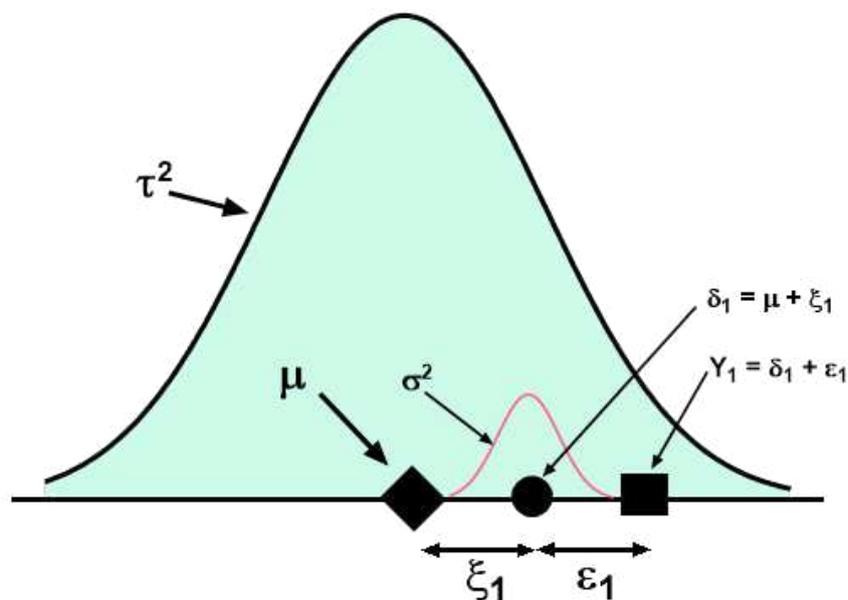
Neste esquema, o efeito observado no Estudo 1, Y_1 , é determinado pelo verdadeiro efeito δ_1 mais o erro dentro do estudo ε_1 . Por sua vez, δ_1 , é determinado pela média de todos os efeitos verdadeiros, μ e o erro entre os estudos ζ_1 . Para qualquer efeito observado Y_i ,

$$Y_i = \delta_i + e_i = \mu + \varepsilon_i + e_i \quad (\text{Eq. 16})$$

No modelo de efeitos aleatórios, é preciso levar em consideração dois níveis de amostragem e duas fontes de erro. Primeiro, os verdadeiros tamanhos de efeito δ são distribuídos cerca de μ com uma variância τ^2 que reflete a distribuição real dos verdadeiros efeitos sobre sua média. Em segundo lugar, o efeito observado Y para qualquer dado δ será distribuído sobre esse δ com uma variância σ^2 , que depende principalmente do tamanho da amostra deste estudo. Portanto, ao atribuir pesos para

estimar μ , precisamos lidar com ambas as fontes de erro de amostragem - dentro dos estudos (ϵ), e entre estudos (ξ).

Figura 10 – Representação esquemática do modelo de meta-análise de efeitos aleatórios.



Fonte: Adaptado de Borenstein et al. (2009).

O efeito observado Y_1 (quadrado) é uma amostra de uma distribuição com verdadeiro efeito δ_1 e variância σ^2 . O verdadeiro efeito δ_1 , por sua vez, é amostra de uma distribuição com média μ e variância τ^2 .

A variabilidade entre os estudos é representada pela variância τ^2 . Para tal é preciso calcular o τ^2 . A forma mais simples é via o cálculo de “Q”, que representa a variância total, e gl , que representa a variância esperada se todos os estudos tiverem o mesmo efeito verdadeiro. A diferença, $Q - gl$, nos dá a variância em excesso. Finalmente, este valor é transformado, para colocá-lo na mesma escala da variância dentro do estudo, ou seja, τ^2 . A estatística Q representa a variância total e é definida como:

$$Q = \sum_{i=1}^k w_i (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (\text{Eq. 17})$$

ou seja, a soma dos desvios quadrados de cada estudo (Y_i) em relação à média combinada (\bar{Y}). Onde “ w_i ” na fórmula indica que cada um dos desvios quadrados é ponderado pela variância inversa do estudo. Um grande estudo que cai longe da média terá mais impacto em Q do que um pequeno estudo na mesma localização. Uma fórmula equivalente, útil para cálculos, é:

$$Q = \sum_{i=1}^k w_i \tau_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k w_i Y_i)^2}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (\text{Eq. 18})$$

Uma vez que Q reflete a variância total, ela agora deve ser dividida em suas partes componentes. Se a única fonte de variação fosse o erro dentro do estudo, então o valor esperado de Q seria os graus de liberdade (gl) para a meta-análise, onde

$$gl = (\text{número de efeitos} - 1) \quad (\text{Eq. 19})$$

Isso nos permite calcular a variância entre os estudos, τ^2 , como

$$\tau^2 = \begin{cases} \frac{Q - gl}{C} & \text{se } Q > gl \\ 0 & \text{se } Q \leq gl \end{cases} \quad (\text{Eq. 20})$$

onde

$$C = \sum w_i - \frac{\sum w_i^2}{\sum w_i} \quad (\text{Eq. 21})$$

O numerador, $Q - gl$, é a variância em excesso (observada menos esperada). O denominador, C , é um fator de escala que tem a ver com o fato de que Q é uma soma ponderada de quadrados. Ao aplicar este fator de escala, garantimos que o τ^2 está na mesma métrica que a variância dentro dos estudos.

Atribuição de pesos sob o modelo de efeitos aleatórios

Na análise de efeito fixo, cada estudo foi ponderado pelo inverso de sua variância. Na análise de efeitos aleatórios, também, cada estudo será ponderado pelo inverso de sua variância. A diferença é que a variância agora inclui a variância original (dentro dos estudos) mais a variância entre os estudos τ^2 . No modelo de efeitos aleatórios, o peso atribuído a cada estudo é

$$w_i^* = \frac{1}{V_{Y_i}^*} \quad (\text{Eq. 22})$$

onde

$$V_{Y_i}^* = S^2_{Y_i} + \tau^2 \quad (\text{Eq. 23})$$

onde S^2 é a variância dentro do estudo para o estudo (i). A média ponderada (\bar{Y}^*) é então calculada como

$$\bar{Y}^* = \frac{\sum_{i=1}^k w_i^* Y_i}{\sum_{i=1}^k w_i^*} \quad (\text{Eq. 24})$$

ou seja, a soma dos produtos (tamanho do efeito multiplicado pelo peso) dividido pela soma dos pesos.

A variância do efeito combinado é definida como o recíproco da soma dos pesos, ou

$$V_{\bar{Y}^*} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k w_i^*} \quad (\text{Eq. 25})$$

e o erro padrão do efeito combinado é então a raiz quadrada da variância,

$$\sigma_{EP\bar{Y}^*} = \sqrt{V_{\bar{Y}^*}} \quad (\text{Eq. 26})$$

Note que o modelo meta-analítico descrito acima corresponde ao método proposto por DerSimonian e Laird (1986), utilizando a estatística Q para estimativa do valor de τ , conhecido como estimador DerSimonian-Laird (DL). Contudo, existem pelo menos 16 diferentes estimadores diferentes para o valor de τ (VERONIKI et al., 2016), entre eles o de máxima verossimilhança restrita (REML) tem menos viés para baixo na estimativa de τ em comparação ao estimador DL (SIDIK; JONKMAN, 2007).

Meta-regressão ou modelos mistos

Os modelos acima expostos apenas estimam um parâmetro populacional, a média dos vários tamanhos de efeitos incluídos. Contudo em muitos casos a meta-análises tradicionais podem não fornecer parâmetros confiáveis, pois pode haver covariáveis que influenciam na magnitude dos tamanhos dos efeitos de um estudo para o outro. Os modelos de meta-regressões começaram a ser desenvolvidos há pelo menos 40 anos para solucionar os problemas envolvidos na estimativa de uma única média de vários estudos (TIPTON; PUSTEJOVSKY; AHMADI, 2019b).

As meta-regressões podem ser expressas como:

$$y_i = \beta_0 + \beta_n x_n + u_i + e_i \quad (\text{Eq. 27})$$

onde β_0 é a média populacional da intercepção, β_n é o “n” *slope* da regressão dos “n” preditores x_n que podem ser contínuos ou categóricos, u_i é o desvio de cada efeito “i” à média populacional estimada dadas as covariáveis dos estudo com uma média 0 e uma variância residual τ^2 ($\text{Var}(u_i) = \tau^2$) e e_i é a variância dentro do estudo “i” (*i.e.*, S^2) assumida como sendo conhecida.

Meta-análises de efeitos aleatórios multiníveis

Note que os modelo de efeitos aleatórios descrito acima possui duas fontes de erro, as variâncias dentro e entre os estudos. Contudo, em muitos casos existem outras fontes de erros ou características que podem fazer com que os efeitos possam ser dependentes. As meta-análises tradicionais podem ser consideradas modelos de dois níveis com os sujeitos do Nível 1 e os estudos do Nível 2. O coeficiente de correlação intraclasse (ICC) indica o grau da variação entre os estudos (*i.e.*, dependência) em relação à variância total. Quando dependência não existe, o ICC é 0. Nas meta-análises de três níveis é adicionado um outro nível que permite que os tamanhos de efeito sejam correlacionados dentro de um cluster. Em vez de um ICC, ICCs de Nível 2 e Nível 3 indicam as variações em seus respectivos níveis. Suponha que múltiplos tamanhos de efeito são reportados dentro de um mesmo estudo (porém, derivados de diferentes sujeitos, efeitos derivados dos mesmos sujeitos são tratados como efeitos multivariados e serão tratados no próximo tópico); assim, existem no Nível 2 a variação entre os efeitos e no Nível 3 entre os estudos. Se o ICC no Nível 3 é 0, esse modelo é equivalente a um modelo de dois níveis (CHEUNG, 2014). Modelos multiníveis podem ser expressos como:

$$y_{ij} = \beta_0 + u_{(2)ij} + u_{(3)j} + e_{ij} \quad (\text{Eq. 28})$$

onde β_0 é a média meta-analisada da estimava populacional, $u_{(2)ij}$ é o desvio de cada efeito “i” derivado do estudo “j” em relação à média populacional (β_0) com uma média 0 e uma variância τ_2^2 ($\text{Var}(u_{(2)ij}) = \tau_2^2$), $u_{(3)j}$ é o desvio de cada cluster do estudo “j” em relação à média populacional (β_0) com uma média 0 e uma variância τ_3^2 ($\text{Var}(u_{(3)j}) = \tau_3^2$) e e_{ij} é a variância dentro dos estudos (*i.e.*, S^2) e assumida como sendo conhecida.

No Nível 3 acima foi utilizado o exemplo de vários tamanhos do efeito derivados de um mesmo estudo, contudo outras fontes de dependência podem ser lidadas utilizando

modelos multiníveis, como estudos derivados do mesmo grupo de pesquisa, estudos que utilizaram uma técnica ou equipamento específicos. Além disso, outros níveis podem ser adicionados.

Em relação ao ICC dos Níveis 2 e 3 derivados de metas-análises multiníveis eles são dados como, respectivamente:

$$ICC_2 = \frac{\tau_2^2}{\tau_2^2 + \tau_3^2} \quad (\text{Eq. 29})$$

$$ICC_3 = \frac{\tau_3^2}{\tau_2^2 + \tau_3^2} \quad (\text{Eq. 30})$$

Os ICCs podem ser interpretados como as proporções da heterogeneidade total entre os estudos dos tamanhos dos efeitos devido às unidades dos Níveis 2 e 3 (CHEUNG, 2014).

Meta-análises multivariadas

Um dos grandes problemas dos modelos de meta-análises tradicionais é a suposição de que todos os efeitos são independentes uns dos outros. Contudo, em muitos estudos vários TE são derivados dos mesmos sujeitos, seja pelo uso de vários grupos experimentais comparados a um mesmo grupo controle, vários *time-points* ou ainda vários *outcomes*. Negligenciar a dependência entre os TE derivados dos mesmos sujeitos pode gerar pseudorreplicação e em meta-análises frequentistas a erros estatísticos do tipo I.

Um exemplo análogo simples para uma meta-análise multivariada pode ser uma ANOVA de medidas repetidas a nível dos sujeitos, onde a dependência entre os sujeitos é levada em consideração no modelo estatístico, porém, como todos os dados individuais estão disponíveis a correlação entre eles é modelada internamente sem que nem percebemos ou tomamos conhecimento. Já para as meta-análises não temos acesso a todos os dados individuais, temos acesso a estimativa média e a variância dos tamanhos de efeito.

Em uma meta-análise multivariada a dependência entre os tamanhos de efeitos derivados dos mesmos sujeitos é dada a partir de uma matriz de variância-covariância (V), como representada abaixo:

$$V = \begin{pmatrix} S^2_1 & r_{21}\sqrt{S^2_2S^2_1} & \dots & r_{n1}\sqrt{S^2_nS^2_1} \\ r_{12}\sqrt{S^2_1S^2_2} & S^2_2 & \dots & r_{n2}\sqrt{S^2_nS^2_2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{1n}\sqrt{S^2_1S^2_n} & r_{2n}\sqrt{S^2_2S^2_n} & \dots & S^2_n \end{pmatrix} \quad (\text{Eq. 31})$$

Onde, S^2_1 é variância no estudo 1, S^2_2 é variância no estudo 2, S^2_n é variância no estudo n e r é o coeficiente de correlação entre os tamanhos do efeito derivados da mesma amostra. Note que se S^2_1 e S^2_2 não forem variâncias derivadas dos mesmos sujeitos elas não são correlacionadas, logo $r = 0$, então a covariância entre esses efeitos = 0. Vale ressaltar que a covariância $r_{ij}\sqrt{S^2_iS^2_j}$ é para tamanhos de efeitos normais não padronizados, outros tipos de TE possuem outras fórmulas de covariância (CHEUNG; CHAN, 2009; CHEUNG, 2019; WEI; HIGGINS, 2013).

A Tabela 3 apresenta um conjunto de TE com suas respectivas variâncias, de uma série de estudos com medidas repetidas, demonstradas pelas cores. Além disso, a Equação 32 apresenta como é construída a matriz de variância-covariância entre esses TE, acompanhe as cores dos efeitos para verificar o passo a passo do cálculo. Para todos os efeitos foi assumido um coeficiente de correlação entre os dados dependentes de $r = 0,50$.

Tabela 2 – Exemplo de tamanhos de efeitos de uma meta-análise multivariada, as respectivas cores representam cada estudo.

Estudo	Efeito dentro do estudo	Efeito	y	S ²
1	1	1	0,5	0,8
1	2	2	1,2	0,7
2	1	3	1,3	1,0
3	1	4	4,0	1,1
3	2	5	2,5	0,6

Fonte: Elaborada pelo autor.

$$V = \begin{pmatrix} S^2_1 & r_{12}\sqrt{S^2_2S^2_1} & r_{31}\sqrt{S^2_3S^2_1} & r_{41}\sqrt{S^2_4S^2_1} & r_{51}\sqrt{S^2_5S^2_1} \\ r_{12}\sqrt{S^2_1S^2_2} & S^2_2 & r_{32}\sqrt{S^2_3S^2_2} & r_{42}\sqrt{S^2_4S^2_2} & r_{52}\sqrt{S^2_5S^2_2} \\ r_{13}\sqrt{S^2_1S^2_3} & r_{23}\sqrt{S^2_2S^2_3} & S^2_3 & r_{43}\sqrt{S^2_4S^2_3} & r_{53}\sqrt{S^2_5S^2_3} \\ r_{14}\sqrt{S^2_1S^2_4} & r_{24}\sqrt{S^2_2S^2_4} & r_{34}\sqrt{S^2_3S^2_4} & S^2_4 & r_{54}\sqrt{S^2_5S^2_4} \\ r_{15}\sqrt{S^2_1S^2_5} & r_{25}\sqrt{S^2_2S^2_5} & r_{35}\sqrt{S^2_3S^2_5} & r_{45}\sqrt{S^2_4S^2_5} & S^2_5 \end{pmatrix} \rightarrow$$

$$\begin{pmatrix}
 0,8 & 0,5\sqrt{0,7 \times 0,8} & 0,0\sqrt{1,0 \times 0,8} & 0,0\sqrt{1,1 \times 0,8} & 0,0\sqrt{0,6 \times 0,8} \\
 0,5\sqrt{0,8 \times 0,7} & 0,7 & 0,0\sqrt{1,0 \times 0,7} & 0,0\sqrt{1,1 \times 0,7} & 0,0\sqrt{0,6 \times 0,7} \\
 0,0\sqrt{0,8 \times 1,0} & 0,0\sqrt{0,7 \times 1,0} & 1,0 & 0,0\sqrt{1,1 \times 1,0} & 0,0\sqrt{0,6 \times 1,0} \\
 0,0\sqrt{0,8 \times 1,1} & 0,0\sqrt{0,7 \times 1,1} & 0,0\sqrt{1,0 \times 1,1} & 1,1 & 0,5\sqrt{0,6 \times 1,1} \\
 0,0\sqrt{0,8 \times 0,6} & 0,0\sqrt{0,7 \times 0,6} & 0,0\sqrt{1,0 \times 0,6} & 0,5\sqrt{1,1 \times 0,6} & 0,6
 \end{pmatrix} \rightarrow$$

$$\begin{pmatrix}
 0,8 & 0,4 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\
 0,4 & 0,7 & 0,0 & 0,0 & 0,0 \\
 0,0 & 0,0 & 1,0 & 0,0 & 0,0 \\
 0,0 & 0,0 & 0,0 & 1,1 & 0,4 \\
 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,4 & 0,6
 \end{pmatrix} \quad (\text{Eq. 32})$$

O principal problema para calcular a matriz de variância-covariância é a dificuldade em se obter o valor de r . Os estudos primários não fornecem dados suficientes para que a correlação entre os TE seja determinada. Deste modo, várias alternativas foram propostas para lidar com a dependência dos TE correlacionados, entre elas incluem (HIGGINS; THOMAS, 2021; NAKAGAWA et al., 2021):

- um modelo de efeitos aleatórios padrão usado em combinação com um tamanho de efeito médio ponderado para cada estudo (*i.e.*, um método de duas etapas);
- um modelo de efeitos aleatórios padrão após escolher aleatoriamente um tamanho de efeito por estudo;
- um modelo de meta-análise multinível (hierárquico), modelando a identidade do estudo como um fator aleatório;
- uma meta-análise utilizando um método de estimativa robusto da variância;
- uma correção simples para os graus de liberdade usados para calcular os intervalos de confiança do tamanho do efeito geral. Isso envolve simplesmente usar o número total de estudos menos um, em vez dos graus de liberdade típicos que usam o número total de tamanhos de efeito menos um (*i.e.*, $gl = \text{total de estudos} - 1$);
- divisão do tamanho da amostra para cada TE (*e.g.*, Turnes et al. (2019));
- uma aproximação de Satterthwaite para os graus de liberdade efetivos, que é comumente aplicada na literatura de modelos lineares de efeitos mistos;

- uma abordagem de modelagem bayesiana que usa um algoritmo Cadeia de Markov Monte Carlo (MCMC), pois os algoritmos MCMC são conhecidos por terem uma cobertura robusta;
- imputação do valor de r , em conjunto com uma análise de sensibilidade utilizando vários valores de r para testar o impacto sobre os resultados da meta-análise.

Portanto, apesar das matrizes e variância-covariância calculadas precisamente serem a forma mais precisa, existem uma série de maneiras de lidar com as medidas correlacionadas em metas-análises como destacado acima e vale ressaltar o seguinte trecho:

Nenhum revisor deve ignorar a dependência entre os resultados de um estudo. Mesmo as opções para este fim mais simples são melhores do que fingir que essa dependência não existe [Trecho traduzido da língua inglesa] (BECKER, 2000).

2.2.2.4 Medidas de heterogeneidade

Tau (τ)

Nas meta-análises de efeitos aleatórios a heterogeneidade entre os tamanhos de efeito é expressa por um valor de desvio padrão, sendo denotado pela letra grega τ (tau). Podendo ainda ser expresso na sua forma ao quadrado (τ^2), neste caso a variância entre os tamanhos de efeito. O τ pode ser reportado como a dispersão entre os tamanhos de efeito individuais, entre os estudos, ou ainda entre os subníveis em meta-análises multiníveis.

Os valores de τ são úteis ainda para o cálculo de intervalos de predição (IPred), representando os intervalos que tem determinada probabilidade de incluírem dada porcentagem de efeitos, ou de forma simples um IPred de 95% no contexto da meta-análise corresponde ao intervalo que contém 95% dos tamanhos de efeitos dessa população. Os IPred são considerados de suma importância e são sugeridos que sejam reportados em todas meta-análises de efeitos aleatórios (BORENSTEIN et al., 2017; HOPKINS, 2018; INTHOUT et al., 2016; RILEY; HIGGINS; DEEKS, 2011).

O IPred de 95% pode ser calculado como (BORENSTEIN et al., 2017; RILEY; HIGGINS; DEEKS, 2011):

$$IPred(95\%) = \mu \pm \tau \times 1,96 \quad (\text{Eq. 33})$$

$$IPred(95\%) = \mu \pm \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \times 1,96 \quad (\text{Eq. 34})$$

$$IPred(95\%) = \mu \pm \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \times t_{gl} \quad (\text{Eq. 35})$$

onde, μ é a média meta-analisada, σ^2 é a variância da média meta-analisada e t_{gl} é o valor crítico da distribuição de t para os graus de liberdade (gl) definidos como o número de efeitos incluídos na meta-análise menos 2. Note que 1,96 representa dois escores Z de uma distribuição normal (*i.e.*, 1,96 = dois desvios padrões), para IPred de 90%, 1,96 deve ser substituído por 1,645 e assim por adiante para outros intervalos.

Como visto acima existem diferentes formas de calcular o IPred, a Equação 33 é mais adequada no contexto de meta-análises bayesianas (esse tipo de análise será explicado nas próximas sessões), já as Equações 34 e 35 são mais usuais no contexto de meta-análises frequentistas (*i.e.*, estatística clássica) onde são adicionados tanto a variação entre os estudos e o erro embutido na média meta-analítica final (τ^2 e σ^2 , respectivamente). Além disso, a equação 35 é mais conservadora, pois utiliza o valor crítico de t, o que pode ser preferencial em meta-análises com poucos estudos incluídos.

Inconsistência (I^2)

Higgins e Thompson (2002) desenvolveram uma abordagem alternativa para quantificar o efeito da heterogeneidade, fornecendo uma medida do grau de inconsistência entre os efeitos derivados dos estudos incluídos na meta-análise. A essa medida, foi atribuído o nome de I^2 , que descreve a porcentagem de variação total entre os estudos que se deve mais à heterogeneidade do que ao acaso (HIGGINS et al., 2003; HIGGINS; THOMPSON, 2002). O I^2 pode ser calculado seguinte forma:

$$I^2 = \frac{\tau^2}{\tau^2 + \sigma^2} \quad (\text{Eq. 36})$$

onde, τ^2 é a variância ente os estudos, σ^2 é a variância comum entre os estudos (Equação 14) e $\tau^2 + \sigma^2$ é a variação total da meta-análise.

Como a própria definição dos autores, o I^2 é uma proporção entre a variação entre os estudos e a variação total entre e dentro dos estudos, o que na maioria das vezes é interpretado erroneamente como uma medida absoluta de variabilidade entre os estudos

(BORENSTEIN et al., 2017). O I^2 não mede a magnitude da heterogeneidade entre os estudos, nem é uma estimativa pontual da heterogeneidade entre os estudos (BORENSTEIN et al., 2017; HIGGINS, 2008). Impressionantemente, essas questões são completamente ignoradas na maioria das meta-análises. Vários autores reportam e discutem o I^2 como uma medida absoluta de heterogeneidade entre os tamanhos de efeito, muito provavelmente isso deve pelo simples fato dos *softwares* meta-analíticos mais acessíveis como *RevMan* e *Comprehensive Meta-Analysis* reportem o I^2 de forma automática.

Alguns proponentes do I^2 argumentam em seu favor e contra o τ por ser uma medida padronizada em escala percentual variando de 0% a 100% e assim sendo uma medida mais fácil de comparar entre diferentes meta-análises. Mas isso é completamente falho, primeiro que comparação de I^2 entre meta-análises não é comum, segundo que o valor de τ é simplesmente uma estimativa de desvio-padrão entre os estudos, sendo implícito e intuitivo como uma medida de dispersão dos tamanhos de efeito de diferentes estudos. Além disso, os argumentos de que o τ é reportado na mesma escala de medida dos efeitos da meta-análise é um ponto positivo e não negativo.

2.2.2.5 Pseudo- R^2

Quando meta-regressões são realizadas é possível estimar o quanto as covariáveis inseridas no modelo explicaram a variação entre os tamanhos de efeitos. A melhor medida de variância explicada não é o R^2 convencional, mas sim é baseado em uma comparação da variância (*i.e.*, τ^2) entre os tamanhos de efeito em um modelo sem preditores (*i.e.*, covariáveis) e em um modelo com preditores (KONSTANTOPOULOS; HEDGES, 2019). Se $\tau_{\theta_0}^2$ é a variância entre os tamanhos de efeito em um modelo sem preditores e $\tau_{\theta_1}^2$ é a variância entre os tamanhos de efeito em um modelo com preditores (*i.e.*, meta-regressão), então a razão entre as variâncias de uma meta-análise e uma meta-regressão dos mesmos TE no contexto meta-analítico é análoga a correlação ao quadrado de uma regressão múltipla com efeitos a nível dos sujeitos. A equação do Pseudo- R^2 é dada como (KONSTANTOPOULOS; HEDGES, 2019):

$$Pseudo - R^2 = \frac{\tau_{\theta_0}^2 - \tau_{\theta_1}^2}{\tau_{\theta_0}^2} = 1 - \frac{\tau_{\theta_1}^2}{\tau_{\theta_0}^2} \quad (\text{Eq. 37})$$

Vale ressaltar que dependendo do software meta-analítico utilizado será preciso calcular o Pseudo- R^2 “à mão”, a esse despeito o pacote metafor (VIECHTBAUER, 2010)

do *software* R (R CORE TEAM, 2019) calcula automaticamente e com intervalos de confiança.

2.2.2.6 Tamanhos de efeito

Tamanho do efeito (TE) refere-se a magnitude (frequentemente em unidades padronizadas) de um efeito (influência de variáveis independentes) em um estudo. Frequentemente, é um indicador da força de uma associação, da magnitude das diferenças médias entre vários grupos ou semelhantes (AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION, 2015).

Muitas vezes a palavra 'tamanho do efeito' é interpretada apenas como sendo os TE padronizados (*e.g.*, Cohen *d*), contudo um TE pode ser expresso em qualquer unidade de medida. Por exemplo, pode-se afirmar que o TE de uma dada intervenção sobre o $\dot{V}O_2\text{max}$ foi 5 mL/kg/min ou ainda um TE de 15%. Além disso, os TE não compreendem apenas a comparação de médias (*i.e.*, diferenças ou mudanças), os valores de correlação, desvios padrões, entre outros, também são TE. Os TE padronizados mais comuns são as diferenças/mudanças divididas por um desvio padrão entre ou intra sujeitos, sendo o mais famoso o TE padronizado de Cohen *d*. O Quadro 5 descreve os principais TE relacionados a tendência central das respostas.

Tamanhos de efeitos relacionados a dispersão das respostas

Meta-análises das respostas individuais ou da heterogeneidade das respostas tiveram pouco foco na literatura científica, principalmente nas ciências do esporte e do exercício (ARETA; HOPKINS, 2018; GORE; HOPKINS; BURGE, 2005; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; LI et al., 2021; SMITH et al., 2020). Muito provavelmente isso aconteceu por que os *softwares* de meta-análise mais populares (*e.g.*, *RevMan* e *Comprehensive Meta-Analysis*) não calculam automaticamente esses TE, exigindo *softwares* mais robustos ou o cálculo “à mão” pelos pesquisadores.

Esse tipo de TE é muito relevante nas ciências do esporte e do exercício, visto que muitos estudos de validade e reprodutibilidade foram/são conduzidos nesta área. Assim, em muitos casos pode ser relevante meta-analisar TE tais como, erros padrões/típicos da medida (ETM) ou estimativa (ETE) e os LdC de 95% geralmente reportados na análise gráfica de Bland-Altman. Além disso, em estudos de intervenção

em que é possível meta-analisar os desvios padrões das respostas ou comparar os desvios padrões das respostas entre grupos experimentais e controles (ATKINSON; WILLIAMSON; BATTERHAM, 2019; HOPKINS, 2015b).

A heterogeneidade de respostas individuais pode ser acessada em uma meta-análise, meta-analisando desvios padrões (das respostas [dentro dos sujeitos] ou entre sujeitos), coeficientes de variação (desvios padrões normalizados pela média e expressos em porcentagem), erro padrão/típico da medida/estimativa, ou ainda a diferença entre os desvios padrão ou CV das respostas entre os grupos experimentais ou controle. O Quadro 6 descreve os principais TE relacionados a dispersão das respostas.

Quadro 5 – Tamanhos de efeitos e respectivas variâncias amostrais relacionados a tendência central das respostas.

Tamanho de efeito (TE)	Equação do TE (y_i)	Variância amostral do TE (S^2)
Risco relativo (RR)	$y_{RR} = \log\left(\frac{a \times n_2}{c \times n_1}\right)$ (Eq. 38)	$S_{RR}^2 = \frac{1}{a} - \frac{1}{n_1} + \frac{1}{c} - \frac{1}{n_2}$ (Eq. 39)
Razão de chances (RC)	$y_{RC} = \log\left(\frac{a \times d}{b \times c}\right)$ (Eq. 40)	$S_{RC}^2 = \frac{1}{a} - \frac{1}{b} + \frac{1}{c} - \frac{1}{d}$ (Eq. 41)
Diferença média bruta (DMBind) dados independentes (não pareados)	$y_{DMBind} = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ (Eq. 42)	$S_{DMBind}^2 = S_{agrupado}^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)$ (Eq. 43)
Diferença média bruta (DMBd) dados dependentes (pareados)	$y_{DMBd} = \bar{x}_i - \bar{x}_j$ (Eq. 44)	$S_{DMBd}^2 = \frac{S_{mudança/diferença}^2}{\sqrt{n}}$ (Eq. 45)
Diferença média padronizada (DMP) entre dados não pareados	$y_{DMP} = \left(1 - \frac{3}{4(n_1 + n_2) - 9}\right) \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{agrupado}}$ $S_{agrupado} = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$ (Eq. 46)	$S_{DMP}^2 = \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} + \frac{y_{DMP}^2}{2(n_1 + n_2)}$ (Eq. 47)
Correlação (r)	$y_r = r$ (Eq. 48)	$S_r^2 = \frac{(1 - r^2)^2}{n - 1}$ (Eq. 49)
Correlação transformada em Z de Fisher	$y_Z = 0,5 \log\left(\frac{1+r}{1-r}\right)$ (Eq. 50)	$S_Z^2 = \frac{1}{n - 3}$ (Eq. 51)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legendas: a = frequência de sucesso no Grupo 1; b = frequência de falha no Grupo 1; $n_1 = a + b$; c = frequência de sucesso no Grupo 2; d = frequência de falha no Grupo 2; $n_2 = c + d$; \bar{x}_1 = média amostral do Grupo 1; \bar{x}_2 = média amostral do Grupo 2; \bar{x}_i = média amostral na condição i; \bar{x}_j = média amostral na condição j; s_1 = desvio padrão amostral do Grupo 1; s_2 = desvio padrão amostral do Grupo 2; s_i = desvio padrão amostral na condição i; s_j = desvio padrão amostral na condição j; n_1 = tamanho da amostra do Grupo 1; n_2 = tamanho da amostra do Grupo 2; r = coeficiente de correlação; n = tamanho da amostra

Quadro 6 – Tamanhos de efeitos e respectivas variâncias amostrais relacionados a heterogeneidade das respostas.

Tamanho de efeito (TE)	Equação do TE (y_i)	Variância amostral do TE (S^2_i)
DP log transformado ($\ln\hat{\sigma}$)	$\ln\hat{\sigma} = \ln s + \frac{1}{2(n-1)}$ (Eq. 52)	$S^2_{\ln\hat{\sigma}} = \frac{1}{2(n-1)}$ (Eq. 53)
CV log transformado ($\ln CV$)	$\ln CV = \ln s - \ln \bar{x} + \frac{1}{2(n-1)}$ (Eq. 54)	$S^2_{\ln CV} = \frac{s^2}{n\bar{x}^2} + \frac{1}{2(n-1)}$ (Eq. 55)
Razão de variabilidade entre 2 DPs independentes ($\ln RV_{ind}$)	$\ln RV_{ind} = \ln\left(\frac{s_1}{s_2}\right) + \frac{1}{2(n_1-1)} - \frac{1}{2(n_2-1)}$ (Eq. 56)	$S^2_{\ln RV_{ind}} = \frac{1}{2(n_1-1)} + \frac{1}{2(n_2-1)}$ (Eq. 57)
Razão de variabilidade entre 2 CVs dependentes ($\ln RCV_{ind}$)	$\ln RCV_{ind} = \ln s_1 - \ln \bar{x}_1 + \frac{1}{2(n_1-1)} - \left(\ln s_2 - \ln \bar{x}_2 + \frac{1}{2(n_2-1)}\right)$ (Eq. 58)	$S^2_{\ln RCV_{ind}} = \frac{s_1^2}{n_1\bar{x}_1^2} + \frac{1}{2(n_1-1)} + \frac{s_2^2}{n_2\bar{x}_2^2} + \frac{1}{2(n_2-1)}$ (Eq. 59)
Razão de variabilidade entre 2 DPs dependentes ($\ln RV_d$)	$\ln RV_d = \ln\left(\frac{s_i}{s_j}\right)$ (Eq. 60)	$S^2_{\ln RV_d} = \frac{1 - r_{ij}^2}{n-1}$ (Eq. 61)
Razão de variabilidade entre 2 CVs dependentes ($\ln RCV_d$)	$\ln RCV_d = \ln s_i - \ln \bar{x}_i + \frac{1}{2(n_i-1)} - \left(\ln s_j - \ln \bar{x}_j + \frac{1}{2(n_j-1)}\right)$ (Eq. 62)	$S^2_{\ln RCV_d} = \frac{s_i^2}{n\bar{x}_i^2} + \frac{s_j^2}{n\bar{x}_j^2} - r_{ij} \frac{2s_i s_j}{n\bar{x}_i \bar{x}_j} + \frac{1}{n-1} - r_{ij}^2 \frac{1}{n-1}$ (Eq. 63)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legendas: \bar{x} = média amostral; \bar{x}_1 = média amostral do Grupo 1; \bar{x}_2 = média amostral do Grupo 2; s = desvio padrão amostral; s_1 = desvio padrão amostral no Grupo 1; s_2 = desvio padrão amostral no Grupo 2; s_i = desvio padrão amostral na condição i ; s_j = desvio padrão amostral na condição j ; n = tamanho da amostra; n_1 = tamanho da amostra no Grupo 1; n_2 = tamanho da amostra no Grupo 2; r_{ij} = coeficiente de correlação entre as condições i e j

Formas de estimativa da variância amostral dos tamanhos de efeito que envolvem medidas repetidas

Para que uma meta-análise possa ser realizada é preciso extrair ou estimar dos estudos incluídos a variância dos tamanhos de efeito. Nas meta-análises que envolvem efeitos derivados de medidas correlacionadas (*i.e.*, medidas repetidas, efeitos derivados do mesmo sujeito), nem sempre essa etapa da revisão é uma tarefa fácil, isso porque a grande maioria dos estudos apenas apresentam como estatística inferencial os valores de p . O fator dificultador é a péssima prática de apenas reportar os valores de p de forma dicotômica a respeito da ‘significância’ em relação ao nível de 5%, ou seja, os p são apresentados como: “ $p < 0,05$ ”, “ $p > 0,05$ ”, ou ainda “ $p < 0,01$ ”, “ $p < 0,0001$ ”, entre outras formas. Nestes casos, o *handbook* da Cochrane (HIGGINS; THOMAS, 2021) recomenda que um $p < 0,05$ seja usado na estimativa dos EP como $p = 0,049$ e quando $p > 0,05$ que se utilize $p = 0,051$ e assim por diante. Esta forma de estimativa é a mais conservativa possível.

Outras formas de estimar o erro padrão são por meio de imputação, neste caso duas estratégias de destacam, a primeira por meio de valores de correlação e a segunda assumindo que os desvios padrões das respostas são similares nos estudos incluídos.

Na imputação a partir dos valores de correlação é preciso primeiramente determinar o coeficiente de correlação (r) entre os pares de medidas dos estudos (*i.e.*, pré e pós, ou quaisquer outras duas variáveis derivadas do mesmo sujeito), utilizando os valores dos desvios padrões entre e dentro dos sujeitos (Equação 64). Então faz-se uma média (pode ser uma média ponderada pelo tamanho da amostra ou uma meta-análise) das correlações nos estudos onde foi possível determinar elas. Por fim, é utilizado o valor médio das correlações para fazer a imputação do $S_{\text{diferença/mudança}}$ nos estudos onde não foi possível determinar ele. Esse procedimento assume que como estudos de uma meta-análise são similares, a correlação entre as variáveis tende a ser similar também.

Da mesma forma, pode-se assumir que o $S_{\text{diferença/mudança}}$ é similar entre os estudos, desta forma faz-se uma média ponderada deste parâmetro nos estudos onde foi possível determinar ele e então imputa-se esse valor nos estudos onde as estatísticas inferências foram pobres.

O coeficiente de correlação entre medidas pareadas pode ser estimado como:

$$r = \frac{s_1^2 + s_2^2 - (S_{diferença/mudança})^2}{2 \times s_1^2 \times s_2^2} \quad (\text{Eq. 64})$$

onde s_1 e s_2 são os desvios padrões amostrais entre sujeitos nas condições 1 e 2 (*i.e.*, pré e pós, respectivamente), respectivamente, $S_{diferença/mudança}$ é o desvio padrão amostral dentro dos sujeitos entre as condições.

O $S_{diferença/mudança}$ pode ser estimado a partir dos desvios padrões entre sujeitos e conjunto com o valor de correlação entre as condições como:

$$S_{diferença/mudança} = \sqrt{(s_1)^2 + (s_2)^2 - 2 \times r \times s_1 \times s_2} \quad (\text{Eq. 65})$$

Em estudos de validade ou reprodutibilidade onde os LdC de 95% da análise gráfica de Bland-Altman são reportados o $S_{diferença/mudança}$ pode ser determinado como:

$$S_{diferença/mudança} = \frac{\text{LdC}}{1,96} \quad (\text{Eq. 66})$$

A determinação do $S_{diferença/mudança}$ a partir do erro padrão (σ_{EP}) é dada como:

$$S_{diferença/mudança} = \sigma_{EP} \sqrt{n} \quad (\text{Eq. 67})$$

onde n é o tamanho da amostra.

A determinação do $S_{diferença/mudança}$ a partir do valor de t é dada como:

$$S_{diferença/mudança} = \left(\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\text{valor de } t} \right) \sqrt{n} \quad (\text{Eq. 68})$$

onde \bar{x}_1 e \bar{x}_2 são as médias amostrais entre sujeitos nas condições 1 e 2 (*i.e.*, pré e pós, respectivamente). O valor de t pode ser determinado a partir do valor exato de p a partir da função do Excel $\text{=TINV}(p; gl)$, onde p é o valor exato de p , e gl os graus de liberdade, geralmente $n - 1$.

A determinação do $S_{diferença/mudança}$ a partir de um IC é dada como:

$$S_{diferença/mudança} = \left(\frac{\text{IC}}{t \text{ crítico}} \right) \sqrt{n} \quad (\text{Eq. 69})$$

onde IC é dado na sua forma de “ \pm ” e t crítico é o valor crítico t de Student para a distribuição dos dados para o tamanho da amostra via os graus de liberdade ($n - 1$).

Tamanhos de efeito relacionados a performance esportiva

Para a sumarização dos resultados de vários estudos, os tamanhos de efeito devem ser expressos em um mesma unidade de medida para que possam ser meta-analisados (BORENSTEIN et al., 2009; HOPKINS, 2018; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). Nas ciências do esporte e do exercício os tamanhos de efeito são derivados de mudanças/diferenças em variáveis fisiológicas ou em medidas de *performance* física. Em relação a *performance* nas modalidades cíclicas, geralmente são utilizados testes de CR, TLim em carga constante ou incremental. Sendo os tamanhos de efeito expressos por mudanças/diferenças nas medidas de tempo, distância, velocidade ou potência. Nas subseções a seguir são descritas formas de conversão dos tamanhos de efeito para uma mesma unidade de medida.

Conversão da velocidade para potência

Em esportes cíclicos onde o objetivo das competições é percorrer determinada distância no menor tempo possível, tais como corrida, ciclismo, remo, caiaque, natação, esqui, patinação de velocidade, *handcycling* e cadeira de rodas, a medida externa de intensidade que melhor reflete a demanda do sujeito é a potência (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). O fato de a potência ser um melhor indicador de intensidade do exercício deve-se ao fato que ela traduz a real demanda do sujeito, enquanto a velocidade é dependente de uma série de fatores tais como a posição corporal na modalidade esportiva, nas modalidades terrestres depende do relevo, direção e velocidade do vento e do implemento esportivo (*i.e.*, bicicleta), nas modalidades aquáticas da densidade da água, da massa do sujeito e do implemento esportivo como no remo e caiaque (STEFANI, 2006). Portanto, em meta-análises nas ciências do esporte e do exercício em que diferentes modalidades ou ainda diferentes *outcomes* são reportados em diferentes medidas de intensidade todos os dados medidos em velocidade devem ser convertidos para potência. Abaixo são descritas equações de várias modalidades/modos de exercício para conversão de dados de velocidade para potência:

Corrida (STEFANI, 2006):

$$P = (m \times g \times v \times \tan\theta) \div (2e) \quad (\text{Eq. 70})$$

onde, P potência, m massa corporal (kg), g é a aceleração da gravidade ($9,8 \text{ m/s}^{-2}$), v velocidade (m/s), e eficiência;

Natação (PESSÔA FILHO; GRECO; DENADAI, 2014):

$$P = ([(0,35 \times m) + 2] \times v^3) \div (ep) \quad (\text{Eq. 71})$$

onde, P potência, m massa corporal (kg), v velocidade (m/s), ep eficiência;

Patinação de velocidade (STEFANI, 2006):

$$P = (m \times g \times k \times v \times \sin\theta) \div (2e) \quad (\text{Eq. 72})$$

onde, P potência, m massa corporal (kg), g aceleração da gravidade ($9,8 \text{ m/s}^{-2}$), v velocidade (m/s), k constante, e eficiência;

Esqui (ANDERSSON et al., 2017):

$$P = (m \times g \times \sin(\alpha) \times v + \mu_R \times m \times g \times \cos(\alpha) \times v) \quad (\text{Eq. 73})$$

onde, P potência, m massa total (massa corporal + esquis + bastões [kg]), g aceleração da gravidade ($9,8 \text{ m/s}^{-2}$), v velocidade (m/s), μ_R coeficiente de resistência ao rolamento;

Cadeira de rodas (COUTTS, 1991):

$$P = ((m \times a + (lw \times [0,0675 + 0,0033 \times v^2] \div rw) \div rw + (lc \times [0,0675 + 0,0033 \times v^2] \div rc) \div rc) \times v) \quad (\text{Eq. 74})$$

onde, m massa total (atleta mais cadeira de rodas [kg]), a aceleração, lw momento de inércia das duas rodas traseiras, rw raio da roda traseira, lc momento de inércia dos dois rodízios dianteiros, rc raio do rodízio dianteiro, v velocidade (m/s).

Remo no ergômetro Concept II (Concept 2E, Morrisville, VT, EUA) com base nas informações do fabricante (<https://www.concept2.com/indoor-rowers/training/calculators/watts-calculator>):

$$P = \frac{2,8}{pace^3} \quad (\text{Eq. 75})$$

onde, P potência e $pace$ é o tempo em segundos para completar a distância de 500 m.

Caiaque em águas abertas em homens e mulheres, respectivamente (HOGAN et al., 2021):

$$P = 4,36137 \times v^{2,939} \quad (\text{Eq. 76})$$

$$P = 5,5679 \times v^{2,8732} \quad (\text{Eq. 77})$$

onde, P potência e v é a velocidade em metros por segundo.

Ciclismo no ergômetro Killer Headwind (Kreitler Rollers Inc., Ottawa, KS, Canadá) com base nas informações do fabricante (<https://www.kreitler.com/wattage-information>):

$$P = (0,1058 \times v^2 + 6,6166 \times v - 40,006) \quad (\text{Eq. 78})$$

onde, P potência e v velocidade (km/h);

Ciclismo no ergômetro Trakstand Defender (Blackburn, EUA) com base nos dados disponíveis em <http://www.powercurvesensor.com/cycling-trainer-power-curves/>:

$$P = (0,058 \times v^2 + 3,2852 \times v + 7,3357) \quad (\text{Eq. 79})$$

onde, P potência e v velocidade (km/h).

Em testes de corrida em velocidade fixa e modificando a inclinação da esteira, a velocidade pode ser corrigida por um fator para uma velocidade aproximada equivalente em terreno plano ao ar livre. Este fator foi derivado a partir da medida do gasto energético durante a corrida em uma série de inclinações (MINETTI et al., 2002):

$$Fator = (2E - 09 \times i^5 - 2E - 07 \times i^4 - 1E - 05 \times i^3 + 0,0013 \times i^2 + 0,0533 \times i + 0,9918) \quad (\text{Eq. 80})$$

onde, i é a inclinação da esteira (%).

A forma simplificada de expressar a maioria das equações acima é dada como:

$$Potência = k(velocidade)^x \quad (\text{Eq. 81})$$

onde, k e x são constantes da modalidade/modo de exercício ou ergômetro (HOPKINS; HAWLEY; BURKE, 1999). Nas ciências do esporte, talvez, uma das formas mais comuns é apresentar os TE em unidades percentuais. Deste modo, efeitos percentuais a partir da velocidade podem ser convertidos para efeitos percentuais equivalente a potência conforme uma reorganização da Equação 81:

$$\delta_{potência[\%]} = (\delta_{velocidade[\%]})^x \quad (\text{Eq. 82})$$

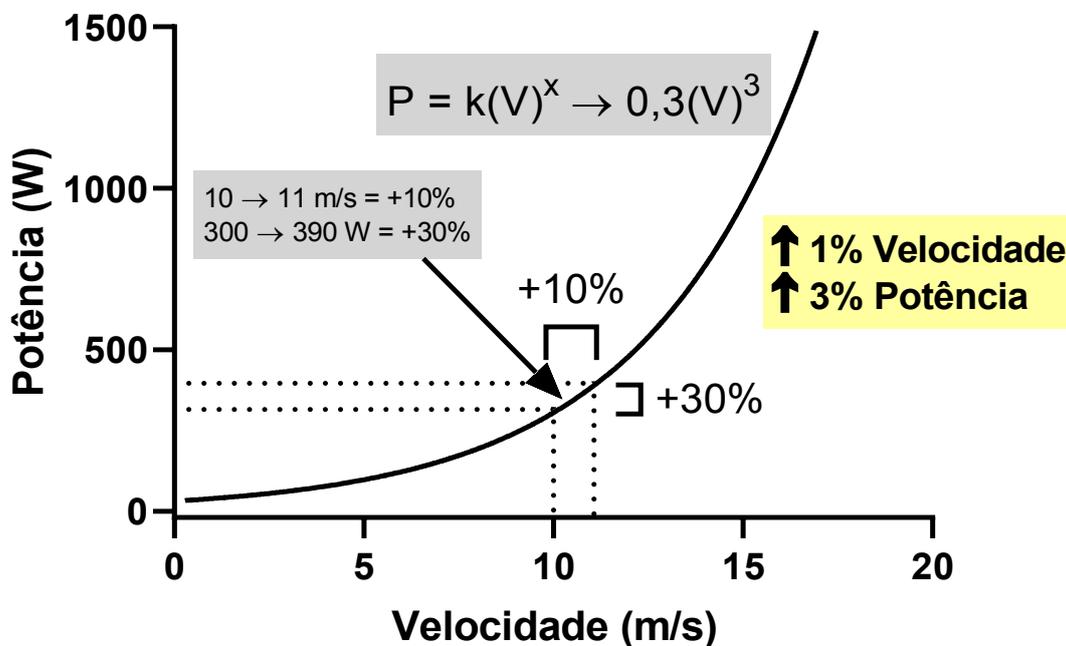
ou seja, a constante exponencial x se torna um fator de multiplicação quando os efeitos estão em unidades percentuais. O tempo para completar uma dada distância é inversamente proporcional a velocidade empregada, assim, em testes onde o resultado é expresso em tempo, x deve ser inserido negativo, pois diminuição no tempo para completar uma certa distância implica em aumento da velocidade/potência, ou um aumento no tempo implica em diminuição da velocidade/potência.

Nas modalidades de locomoção terrestre onde o deslocamento é feito principalmente contra a resistência da gravidade, como corrida, esqui e patinação de velocidade $x = 1$, deste modo, nestas modalidades efeitos percentuais derivados da velocidade são iguais aos efeitos percentuais em potência (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; MALCATA; HOPKINS, 2014). Nas modalidades aquáticas como a natação, remo e caiaque $x \sim 3$ (HOGAN et al., 2021; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). No ciclismo x é dependente do ergômetro, para o Velotron $x = 2$ (VANDENBOGAERDE; HOPKINS, 2011), Kingcycle $x = 2,2$ (HOPKINS; HAWLEY; BURKE, 1999), Velodyne $x = 2,8$ (VANDENBOGAERDE; HOPKINS, 2011), Wattbike $x = 2$ (BELLINGER; MINAHAN, 2014), Monark $x = 1$ (VANDENBOGAERDE; HOPKINS, 2011), Headwind $x = 1,7$ (<https://www.kreitler.com/wattage-information>), Trakstand Defender $x = 1,7$ (<http://www.powercurvesensor.com/cycling-trainer-power-curves/>) e Lode no modo linear = 1. Os fatores de conversão de outros ciclo-ergômetros podem ser encontrados no site dos fabricantes ou em sites relacionados a análise desses ergômetros (e.g., <http://www.powercurvesensor.com/cycling-trainer-power-curves/>), outra forma de estimar esses fatores é a partir de estudos que reportam os efeitos conjuntamente medidos em tempo/velocidade e potência.

Em testes de CR no ciclismo que são baseados em trabalho mecânico, por exemplo, onde é solicitado ao sujeito completar no menor tempo possível o total de 300 quilojoules (kJ). Neste caso a relação tempo – potência é inversamente proporcional, pois ambos tempo e potência estão inseridos na configuração do teste, onde: trabalho em Joule = 1 watt × segundo. Ou seja, -1% no tempo implica em +1% na potência.

As conversões acima expostas foram utilizadas anteriormente em revisões com e sem meta-análises (BONETTI; HOPKINS, 2009; BORSZCZ; DE LUCAS, 2019; BRAAKHUIS; HOPKINS, 2015; CARR; HOPKINS; GORE, 2011; HOPKINS; HAWLEY; BURKE, 1999; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; KOERICH et al., 2022; MALCATA; HOPKINS, 2014; PATON; HOPKINS, 2001; VANDENBOGAERDE; HOPKINS, 2011) e em estudos experimentais (LEPERS, 2008; STEFANI, 2006). Contudo, vale ressaltar que essas conversões são aproximações, porém, negligenciar as diferenças nos efeitos que são derivados do tempo/velocidade com os de potência pode comprometer a exatidão do resultado meta-analisado (HOPKINS, 2018).

Figura 11 – Exemplo da relação potência-velocidade em um ciclo-ergômetro.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Conversão dos efeitos em testes de tempo de exaustão para efeitos equivalentes a testes de contrarrelógios

Geralmente testes de TLim são utilizados nas ciências do esporte como medidas de performance, sejam os de carga constante ou incrementais. Em muitos casos só meta-analisar efeitos derivados de um teste específico, por exemplo, CR, o número de efeitos não é suficiente. A esse respeito o Professor Will G. Hopkins utilizou uma série de conversões de tamanhos de efeitos derivados de TLims para equivalentes a testes de CR em meta-análises por ele publicadas (BONETTI; HOPKINS, 2009; BRAAKHUIS; HOPKINS, 2015; CARR; HOPKINS; GORE, 2011; VANDENBOGAERDE; HOPKINS, 2011).

Existem uma série de modelos que descrevem a relação potência/velocidade – duração do exercício (BOSQUET; LÉGER; LEGROS, 2002), que são bons candidatos a equações de conversão dos TE. Entre eles, o exemplo mais simples para essa questão é o modelo da relação duração-potência expresso pela PC e W' (ou duração-velocidade, VC e d'), onde é possível estimar uma dada performance no domínio de intensidade de exercício severo (*i.e.*, $>PC/VC < I_{HIGH}$) fazendo ajustes na equação da PC ou VC de 2-parâmetros hiperbólica (PC_{2-hip}) (HILL, 1993). A limitação do modelo de PC/VC deve-se ao fato que ele só deve ser utilizado em intensidades de exercício no domínio severo ($>PC/VC$), ou seja, durações entre ~2 e ~15 min. Além disso, é preciso que os estudos incluídos na meta-análise tenham pelo menos duas performances para que a PC/VC e W'/d' sejam determinados.

Para simplificar o uso dos efeitos de TLim e CRs em uma métrica comum Hinckson e Hopkins (2005) desenvolveram equações de conversão de TE percentuais determinados em TLim para CR. Os autores derivaram esses fatores a partir do modelo de VC d' e pela relação dos logaritmos da distância e da velocidade (*i.e.*, $\log(\text{distância})$ e $\log(\text{velocidade})$) a partir de uma série de TLim entre 1 e 10 min na corrida. A partir da predição de performances de CR a derivados dos testes de TLim modelados pelos modelos VC d' e log-log os fatores de conversão de TE percentuais em TLim para CR são respectivamente (HINCKSON; HOPKINS, 2005):

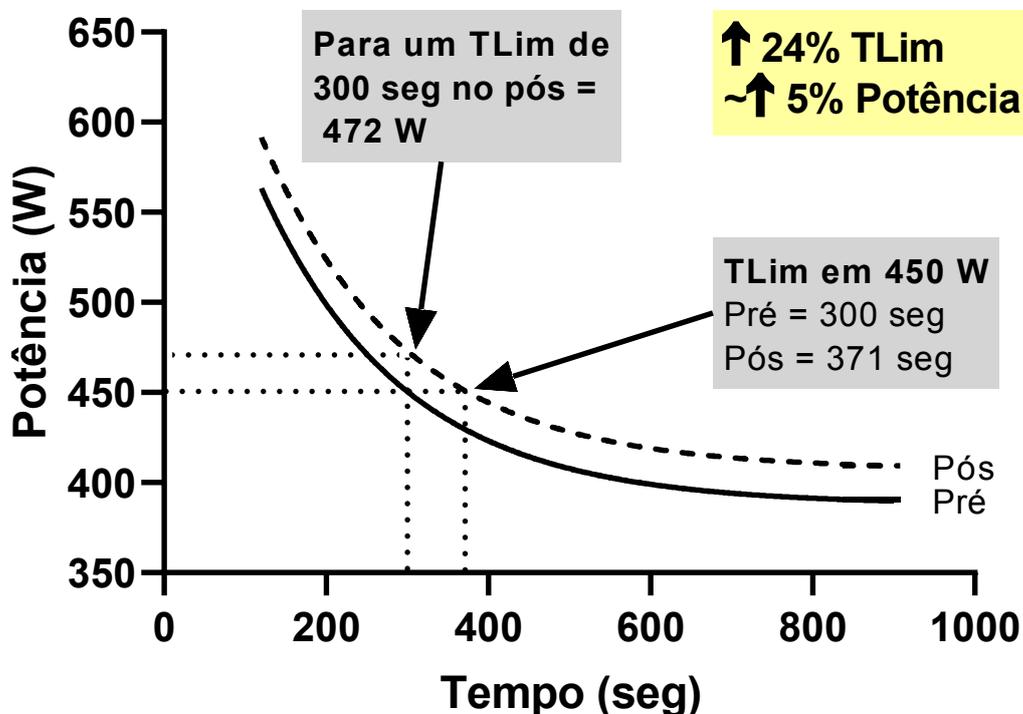
$$TE_{CR} (\%) = TE_{TLim} (\%) \times \frac{0,506}{\text{tempo (min)}} \quad (\text{Eq. 83})$$

$$TE_{CR} (\%) = TE_{TLim} (\%) \times 0,137 \quad (\text{Eq. 84})$$

Os sujeitos deste estudo realizaram uma série de testes para verificar a reprodutibilidade das predições e o modelo log-log demonstrou ser mais consistente que o modelo de VC d' (HINCKSON; HOPKINS, 2005).

Na Figura 11 é mostrado um exemplo hipotético de uma série de Tlims entre 2 e 15 min na forma de uma curva, pré e pós uma dada intervenção. Note que no Tlim realizado em 450 W na condição pré o ciclista sustentou 300 seg, já na condição pós 371 seg, ou seja uma melhora de 24% no Tlim. Para que na condição pós o ciclista sustentasse por 300 seg seria preciso fixar a carga de trabalho em 472 W, ou seja um aumento de 5% na potência. Esse exemplo nos mostra como os fatores de conversão de TE em Tlim são transformados em TE equivalentes à potência média em CR de mesma duração, neste caso hipotético $TE_{CR(\%)} = TE_{Tlim(\%)} \times 0,20$.

Figura 12 – Exemplo da relação potência-duração e a relação de efeitos entre testes de tempo de exaustão e sua conversão para efeitos equivalentes a um teste de contrarrelógio de mesma duração.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Da mesma forma que foram criados fatores de conversão em TLims de carga constante, os TLims em testes incrementais também foram inseridos em meta-análises como uma aproximação de efeitos em testes de CR (BONETTI; HOPKINS, 2009; MCCARTNEY; DESBROW; IRWIN, 2018). Porém, neste caso o efeito sobre a carga final do teste incremental (\dot{W}_{max}) é assumida como um efeito em um CR. Nos estudos que não reportam a \dot{W}_{max} mas o TLim, o efeito na \dot{W}_{max} pode ser estimado como (BONETTI; HOPKINS, 2009):

$$TE_{\dot{W}_{max}(\%)} = TE_{TLim(\%)} \times (1 - f) \quad (\text{Eq. 85})$$

onde f é a carga inicial do teste incremental como um fator da \dot{W}_{max} , *i.e.*, carga inicial $\div \dot{W}_{max}$.

2.3 INFERÊNCIA ESTATÍSTICA BAYEASIANA

2.3.1 Origem e definição

A base da estatística bayesiana foi descrita pela primeira vez em um ensaio de 1763 escrito pelo reverendo Thomas Bayes e publicado por Richard Price sobre a probabilidade inversa, ou como determinar a probabilidade de um evento futuro exclusivamente com base em eventos passados (BAYES; PRICE, 1763). Porém, só em 1825 que Pierre Simon Laplace publicou o teorema que agora conhecemos como teorema de Bayes (LAPLACE, 1825). Embora as ideias de probabilidade inversa e o teorema de Bayes sejam antigas na matemática, essas ferramentas se tornaram proeminentes na estatística aplicada somente nos últimos 50 anos (VAN DE SCHOOT et al., 2021).

A inferência bayesiana pode ser definida meramente a realocação de credibilidade através das possibilidades, de acordo com a matemática de probabilidade condicional. Na análise formal de dados, as possibilidades são valores de parâmetros em um modelo de dados (KRUSCHKE, 2018; KRUSCHKE; LIDDELL, 2018b). Basicamente, o método bayesiano envolve uma função de verossimilhança e distribuições anteriores. A função de verossimilhança vincula os dados observados aos coeficientes do modelo e indica o quão confiáveis são os dados observados. As distribuições anteriores afirmam a plausibilidade dos parâmetros do modelo antes da coleta dos dados, ou simplesmente, é a expectativa do pesquisador com base em seu conhecimento de possíveis resultados plausíveis. O teorema de Bayes é usado para atualizar as

distribuições anteriores, considerando os dados observados coletados no experimento para produzir as distribuições posteriores.

2.3.2 Entendendo a inferência frequentista para partirmos para a inferência bayesiana

Antes de apresentar (de forma breve) as características da inferência bayesiana, é importante revisarmos os parâmetros de inferência frequentista para que possamos compreender as principais diferenças entre essas duas abordagens estatísticas.

2.3.2.1 Sua interpretação intuitiva dos intervalos de confiança é bayesiana

Partindo de uma adaptação de um exemplo exposto por Kruschke; Liddell (2018b), considere o IC de 95% de 10 a 19. Isso significa que há uma probabilidade de 95% de que a verdadeira média populacional μ fique entre 10 e 19, certo? Esta é uma interpretação natural e intuitiva, e é a que a maioria das pessoas faz (MOREY et al., 2016). É também a interpretação correta de um intervalo de credibilidade (ICr) bayesiano. Ou seja, se reportássemos a partir de uma análise bayesiana que a distribuição posterior em que μ tem 95% dos seus valores mais credíveis entre 10 e 19, então diríamos corretamente que acreditamos que a média μ tem 95% de probabilidade de estar contida entre 10 e 19. Em outras palavras, naturalmente interpretamos um IC frequentista como se fosse um ICr bayesiano. Mas um IC frequentista não é um ICr bayesiano. Em resumo, a interpretação correta do IC é muito contraintuitiva.

2.3.2.2 Principais parâmetros de inferência frequentista

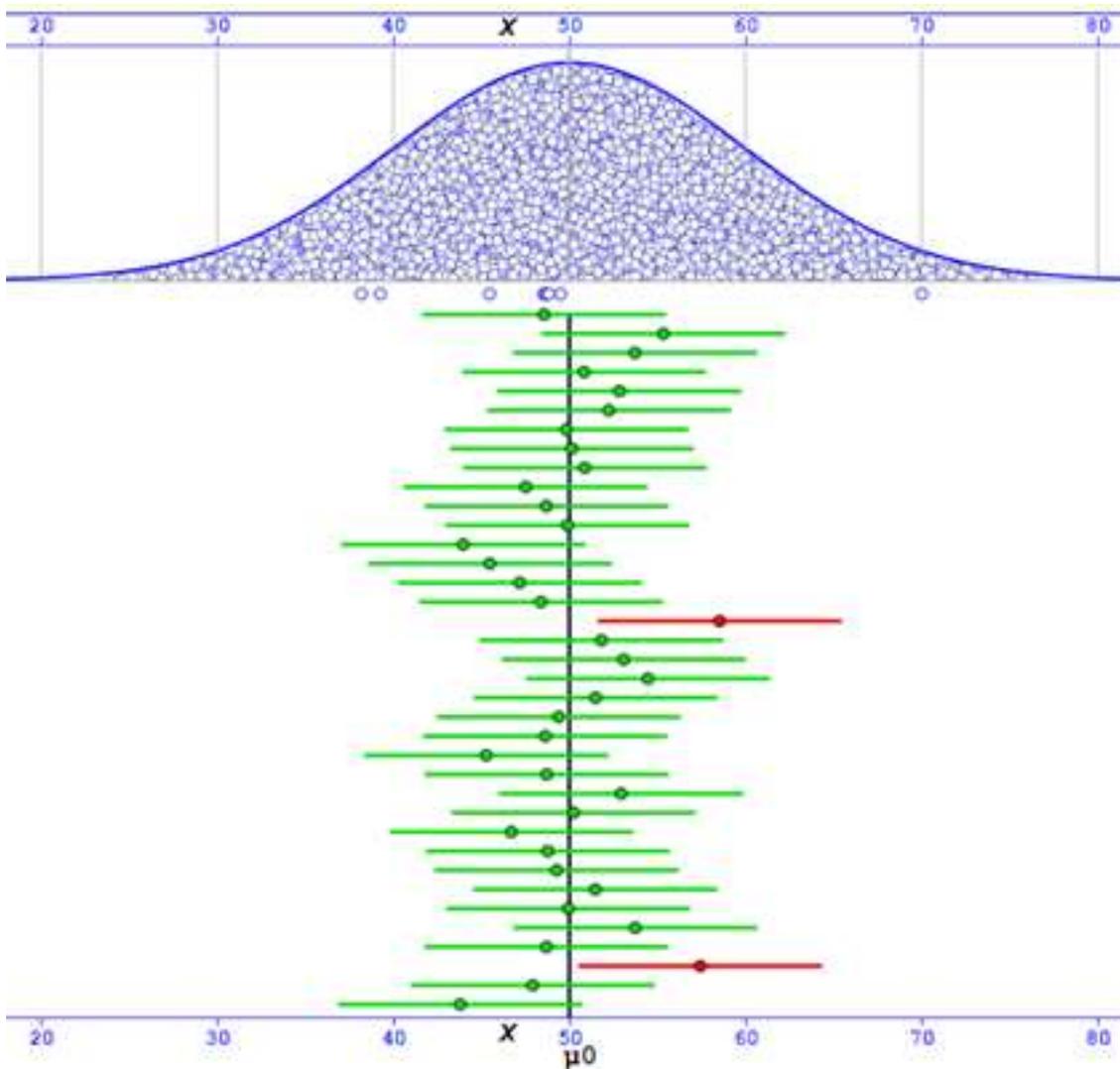
P valor: O p valor é a probabilidade de obter um resultado (especificamente, um teste estatístico) pelo menos tão extremo quanto o que foi observado se cada suposição do modelo, além da hipótese testada direcionada (geralmente uma hipótese nula), usada para computá-la for correta (GREENLAND, 2019; GREENLAND et al., 2016).

Intervalo de confiança (IC): são intervalos que contêm o verdadeiro valor do parâmetro em alguma proporção conhecida de amostras repetidas, em média (MOREY et al., 2016). Onde, a “confiança” está implícita no procedimento utilizado para construir o intervalo. Não é possível fazer afirmações probabilísticas sobre os valores prováveis do parâmetro. O parâmetro é considerado fixo, mas desconhecido. Quando relatamos um IC de 95%, estamos

afirmando (implicitamente) que, se construíssemos um grande número de intervalos dessa forma, esperaríamos que 95% deles incluíssem o parâmetro e 5% iriam excluí-lo (BARKER; SCHOFIELD, 2008).

Para demonstrar as propriedades de um IC um exemplo por meio de simulações é apresentado na Figura 13. Note na parte superior da figura os pontos azuis dentro da distribuição representam todos os sujeitos desta população, tendo esse dado parâmetro uma média populacional (μ_0) = 50 e um desvio padrão populacional (σ_0) = 10. Cada linha verde representa um IC de 95% de amostras aleatórias de 8 sujeitos retiradas desta população, como se fossem vários estudos de 8 sujeitos. Os 8 pontos azuis logo abaixo da distribuição representam os sujeitos do IC de 95% mais acima. Os ICs em verde contêm a verdadeira média populacional ($p > 0,05$) e os em vermelho não contêm a verdadeira média populacional ($p < 0,05$). A quantidade de ICs simulados foi pequena, porém, se simulássemos centenas de ICs esperamos que 95% deles contenham a verdadeira média populacional e 5% deles não.

Figura 13 – Uma sequência de intervalos de confiança derivados de simulações sucessivas de um experimento onde há um uma média verdadeira (populacional) $\mu_0 = 50$, e um desvio padrão $\sigma_0 = 10$.



Fonte: Gerada em <https://www.esci.thenewstatistics.com/esci-dances.html>.

Verdadeira média populacional = 50 (μ_0), desvio padrão populacional = 10. Cada amostragem é apresentada com intervalos de confiança de 95%, cada uma derivada de amostras com 8 sujeitos. Estimativas verdes = contém a verdadeira média, estimativas vermelhas = não contem a verdadeira média populacional, pontos azuis = representam dados individuais dos sujeitos desta população.

2.3.3 Conceitos e parâmetros estatísticos bayesianos

Nesta sessão são detalhados os conceitos e parâmetros básicos da inferência bayesiana.

Teorema de Bayes: O teorema de Bayes pode ser expresso como:

$$P(A|B) = \frac{P(A|B) \times P(A)}{P(B)} \quad (\text{Eq. 86})$$

onde, A e B são eventos, $P(A|B)$ é a probabilidade condicional de que o evento A ocorra dado que o evento B já ocorreu ($P(B|A)$ tem o mesmo significado, mas com os papéis de A e B invertidos) e $P(A)$ e $P(B)$ são as probabilidades marginais da ocorrência do evento A e do evento B , respectivamente.

O teorema de Bayes aplicado a um conjunto de dados (y), o que é mais comum em estudos científicos, é dado como:

$$\overbrace{P(\theta|y)}^{\text{Dist. Posterior}} = \frac{\overbrace{P(y|\theta)}^{\text{Verossimilhança}} \times \overbrace{P(\theta)}^{\text{Dist. Anterior}}}{\underbrace{P(y)}_{\text{Evidência}}} \quad (\text{Eq. 87})$$

onde, Θ (*theta*) representa o conjunto de parâmetros do modelo estatístico, portanto, se estamos estimando valores de parâmetros de uma distribuição normal (gaussiana), então Θ representa a média (μ) e o desvio padrão (σ) (expresso matematicamente como $\Theta = \{\mu, \sigma\}$), y representa um conjunto de observações ($y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$), $P(\Theta)$ é a distribuição anterior, $P(\Theta|y)$ no lado esquerdo é a distribuição posterior, $P(y|\Theta)$ é a função de verossimilhança e $P(y)$ é distribuição marginal dos dados referida como a evidência.

$P(y)$ é uma constante de normalização. Uma das condições necessárias para uma distribuição de probabilidade é que a soma de todos os resultados possíveis de um evento seja igual a 1. A constante de normalização garante que a distribuição posterior resultante seja uma distribuição de probabilidade verdadeira, garantindo que a soma da distribuição seja igual a 1. Por isso, é mais comum o teorema ser apresentado como:

$$\overbrace{P(\theta|y)}^{\text{Dist. Posterior}} \propto \overbrace{P(y|\theta)}^{\text{Verossimilhança}} \times \overbrace{P(\theta)}^{\text{Dist. Anterior}} \quad (\text{Eq. 88})$$

onde \propto significa "proporcional à".

Portanto, o teorema de Bayes nos permite calcular a distribuição posterior dos parâmetros usando nossas crenças anteriores atualizadas pela função de verossimilhança (dados).

Cadeia de Markov Monte Carlo (MCMC): MCMC é um método de amostragem computacional. Esse método permite caracterizar uma distribuição sem saber todas as propriedades matemáticas da distribuição por valores de amostragem aleatória fora da distribuição. O MCMC pode ser usado para extrair amostras de distribuições, mesmo quando tudo o que se sabe sobre a distribuição é como calcular a densidade para diferentes amostras. O nome MCMC combina duas propriedades: Monte Carlo e a cadeia de Markov. Monte Carlo é a prática de estimar as propriedades de uma distribuição examinando amostras aleatórias da distribuição. Por exemplo, em vez de encontrar a média de uma distribuição normal calculando-a diretamente a partir das equações da distribuição, já na abordagem de Monte Carlo seria desenhar muitas amostras aleatórias de uma distribuição normal e calcular a média amostral dessas. O benefício da abordagem de Monte Carlo é claro: calcular a média de uma grande amostra de números pode ser muito mais fácil do que calcular a média diretamente a partir das equações da distribuição normal. Este benefício é mais pronunciado quando as amostras aleatórias são fáceis de desenhar e quando as equações da distribuição são difíceis de trabalhar de outras maneiras. A propriedade da cadeia de Markov do MCMC é a ideia de que as amostras aleatórias são geradas por um processo sequencial especial. Cada amostra aleatória é usada como um ponto de partida para gerar a próxima amostra aleatória (daí a cadeia). Uma propriedade da cadeia é que, embora cada nova amostra dependa da anterior, as novas amostras não dependem das amostras anteriores à penúltima amostra (esta é a propriedade “Markov”) (VAN RAVENZWAAIJ; CASSEY; BROWN, 2018).

MCMC é particularmente útil na inferência bayesiana por causa do foco em distribuições posteriores, que são frequentemente difíceis de trabalhar por meio de exame analítico. Nestes casos, o MCMC permite ao usuário aproximar aspectos de distribuições posteriores que não podem ser calculados diretamente (VAN RAVENZWAAIJ; CASSEY; BROWN, 2018).

Distribuição anterior (*prior*): Usada na inferência bayesiana para quantificar um estado de crença sobre os valores dos parâmetros do modelo antes de se ter observado qualquer

dado. A forma mais comum de serem representados como uma distribuição probabilística com diferentes estados de crença (ACZEL et al., 2020).

Segundo Gelman (2020) as distribuições anteriores podem ser classificadas em cinco níveis:

- Plana (geralmente não recomendada);
- Super vaga, mas adequada: Normal(0, 10000) (geralmente não recomendada);
- Pouco informativa, muito fraca: Normal(0, 10);
- Fracamente informativa genérica: Normal(0, 1);
- Informativa específica: Normal(0,4, 0,2).

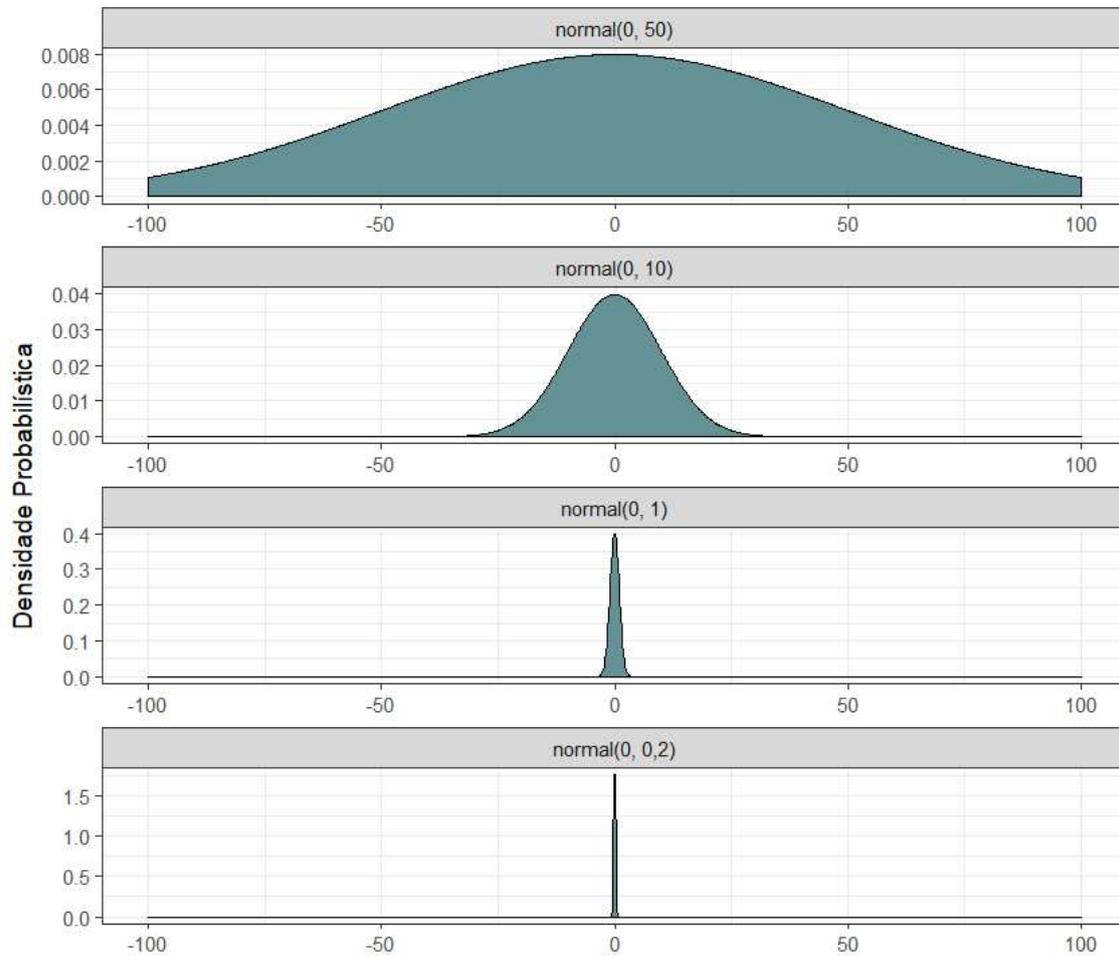
Os números acima representam distribuições normais (*i.e.*, média e desvio padrão, respetivamente) e são apenas exemplos, o que vai definir o grau de informação fornecida pela distribuição anterior vai depender da escala de medida dos dados analisados. Além disso, outros tipos de distribuições são possíveis de serem utilizadas, como por exemplo, as distribuições de t de Student, as distribuições Cauchy, entre muitas outras. A Figura 14 apresenta diferentes exemplos de distribuições anteriores normais.

Verossimilhança (*likelihood*): A probabilidade (densidade) dos dados de um dado modelo para um determinado (conjunto de) parâmetro(s) (ACZEL et al., 2020).

Função de verossimilhança: Uma função dos parâmetros de um modelo estatístico, dada pelos dados específicos observados (ACZEL et al., 2020)..

Distribuição posterior: Usada na inferência bayesiana para quantificar um estado atualizado de crença sobre o(s) valor(es) de parâmetro(s) após a observação dos dados (ACZEL et al., 2020).

Figura 14 – Exemplos de diferentes distribuições anteriores.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Intervalo de credibilidade (ICr): Um intervalo probabilístico em que se acredita conter um determinado parâmetro (ACZEL et al., 2020), ou seja, um ICr de 95% nos diz que existe uma probabilidade de 95% do ‘verdadeiro’ parâmetro estar contido dentro deste intervalo (MOREY et al., 2016). O ICr pode ser reportado com caudas iguais, neste caso são as caudas superior e inferior são dadas pelos percentis da distribuição posterior, no caso de um ICr de 95% os percentis 2,5% e 97,5% (KRUSCHKE, 2018). Ou o ICr pode ainda ser reportado como a maior densidade central da distribuição posterior, neste caso não necessariamente 2,5% das bordas superior e inferior da distribuição posterior estarão fora do ICr. No caso de um ICr de 95% de maior densidade posterior, as caudas reportaram as bordas dos valores com a maior probabilidade de 95% de ocorrer (KRUSCHKE, 2018).

Fator de Bayes: O suporte relativo fornecido pelos dados para um modelo em relação a outro modelo na forma de uma razão de chances (ACZEL et al., 2020).

2.3.4 Diferenças da inferência bayesiana sobre a frequentista

Brevemente as principais diferenças entre as inferências frequentista e bayesiana foram resumidas por van de Schoot et al. (2014) e são apresentadas no Quadro 7. Além disso:

- As análises bayesianas são mais indicadas para tamanhos de amostras pequenas (VAN DE SCHOOT; MIOČEVIĆ, 2020), muito comuns nas ciências do esporte e do exercício (MENGERSEN et al., 2016). Pois é possível adicionar informações anteriores sobre os modelos, porém quando as distribuições anteriores não são informativas a análise bayesiana não resolve os problemas de inferência limitada a esses efeitos derivados de amostras pequenas (VAN DE SCHOOT; MIOČEVIĆ, 2020).
- Na análise frequentista os IC em muitos casos são aproximações assintóticas, já na análise bayesiana todos os parâmetros são estimados com propriedades distributivas probabilísticas. Deste modo, é possível fazer inferências sobre a probabilidade de um dado efeito ser maior ou menor a um dado limiar, ou uma condição ser maior que outra (KRUSCHKE, 2018; KRUSCHKE; LIDDELL, 2018a, 2018b).
- Na inferência bayesiana não há necessidade das correções aplicadas a múltiplas comparações geralmente feitas por testes de *post-hoc* nas análises frequentistas. O que torna as estimativas bayesianas muito mais próximas ao “verdadeiro valor” (KRUSCHKE, 2018; KRUSCHKE; LIDDELL, 2018a, 2018b).
- Apesar da aparente complexidade das amostragens de MCMC os parâmetros bayesianos são mais intuitivos e fáceis de interpretar.

Quadro 7 - Principais diferenças entre as inferências bayesiana e frequencista.

	Frequencista	Bayesiana
Valor de p	A probabilidade de observar os mesmos dados ou mais extremos assumindo que a hipótese nula é verdadeira na população	A probabilidade da hipótese (nula)
Necessidade de tamanhos de amostra grandes?	Normalmente, quando métodos baseados na teoria de distribuições normais são usados	Não necessariamente
Inclusão de conhecimento prévio é possível?	Não	Sim
Natureza dos parâmetros no modelo	Desconhecido, mas fixo	Desconhecido e, portanto, aleatório
Parâmetro populacional	Um valor verdadeiro	Uma distribuição de valores refletindo a incerteza
A incerteza é definida por	A distribuição de amostragem com base na ideia de amostragem repetida infinitamente	Distribuição probabilística para o parâmetro da população
Intervalos estimados	Intervalo de confiança: em uma infinidade de amostras retiradas da população, 95% delas contêm o valor real da população	Intervalo de credibilidade: probabilidade de 95% de que o valor da população esteja dentro dos limites do intervalo

Fonte: Adaptado de van de Schoot et al. (2014).

2.3.5 Inferências/decisões baseadas em magnitude, um caso especial de inferência bayesiana?

Como apresentando acima, estamos acostumados a fazer inferências bayesianas sobre nossos dados utilizando parâmetros frequencistas, apesar de que a inferência frequencista não permita tais inferências (GREENLAND et al., 2016; KRUSCHKE, 2018; KRUSCHKE; LIDDELL, 2018a, 2018b; MOREY et al., 2016). A esse respeito nas ciências do esporte e do exercício muitos pesquisadores já utilizaram, leram algo sobre ou já ouviram falar sobre o método estatístico de análise dos dados chamado Inferências Baseadas em Magnitude (*Magnitude-Based Inferences* – MBI) (BATTERHAM; HOPKINS, 2006) ou como recentemente renomeado para Decisões Baseadas em Magnitude (*Magnitude-Based Decisions* – MBD)² (HOPKINS, 2019).

A MBD foi primeiramente publicada em jornal revisado por pares por Batterham; Hopkins (2006) como uma alternativa as inferências baseadas em valores de p e hipóteses nulas. Os autores propuseram utilizar tamanhos de efeitos, associados a IC e fazer inferências

² Para consistência será usada a sigla MBD a partir desse ponto.

utilizando esses parâmetros. Além disso, os autores sugerem inferências probabilísticas utilizando os IC em comparação a um limiar de não efeito (efeitos triviais). A implementação do MBD se deu principalmente por meio de planilhas do Excel disponibilizadas no site da “Sportsscience”, uma revista criada pelo Professor Will Hopkins (<https://sportsscience.sportsci.org/>). Várias planilhas para diferentes tipos de estudos/análises foram criadas, onde é preciso inserir os dados brutos individuais, ou parâmetros estatísticos pré-calculados em outro *software*.

Segundo os autores o MBD é uma forma de inferência bayesiana, tal como podemos observar no seguinte trecho:

[MBD] é na verdade um método inferencial de “referência de Bayes”, combinando o intervalo de confiança usual com uma crença prévia não informativa [...]. As crenças anteriores não informativas são justificadas porque o conhecimento prévio é frequentemente vago [...]. Além disso, o MBI tem a vantagem prática de usar a teoria de amostragem padrão para obter uma interpretação intuitiva (Bayesiana) do intervalo de confiança como o intervalo provável para o efeito verdadeiro [...]. Como tal, o MBI é possivelmente um híbrido frequentista-bayesiano ideal [Trecho traduzido da língua inglesa] (BATTERHAM; HOPKINS, 2015).

Os proponentes da MBD pautam suas justificativas de que o MBD seria uma forma de inferência bayesiana no fato de que análises bayesianas com distribuições anteriores vagas, não informativas ou planas não informativas produzem resultados similares a análise frequentista, ou seja, intervalos de credibilidade similares aos intervalos de confiança (SAINANI et al., 2019). Contudo, distribuições anteriores vagas não são plausíveis na maioria das situações de análises dos dados (SAINANI et al., 2019). Vamos tomar como exemplo uma situação na área das ciências do esporte e do exercício. Suponha que você fará uma intervenção de treinamento com o atleta recordista mundial dos 100 m rasos Usain Bolt, e você espera uma melhora de 5 seg na performance dos 100 m neste atleta. Ou seja, diminuir de 9,58 para 4,58 seg o tempo para percorrer 100 m utilizando o exercício de corrida. Claramente isso é humanamente impossível, deste modo, mesmo que sem perceber temos um conhecimento prévio de efeitos plausíveis sobre a performance deste atleta. Podemos pensar então em melhoras na casa de milésimos de segundos, porém, não metade do tempo! Deste modo, podemos utilizar distribuições anteriores fracamente informativas, porém não vagas.

Além disso, existem todos os problemas matemáticos envolvidos, como já citado acima, um IC frequencista não possui propriedades probabilísticas, por isso é representado como uma linha reta ou “fio de bigode” (do inglês “*whiskers*”) e não como uma distribuição. Vários estatísticos já examinaram as propriedades matemáticas do MBD e sugeriram o seu não uso até que seja validado e publicado em jornais específicos da estatística e não das ciências do esporte e do exercício (BARKER; SCHOFIELD, 2008; CURRAN-EVERETT, 2018; LOHSE et al., 2020; SAINANI, 2018; SAINANI et al., 2019; WELSH; KNIGHT, 2015).

2.3.6 Meta-análise bayesiana

Meta-análises são um caso especial de modelos hierárquicos (chamados também de modelos multiníveis ou mistos), e as análises de modelos hierárquicos são mais robustas sob a ótica bayesiana (KRUSCHKE; LIDDELL, 2018a). Os modelos hierárquicos são descrições naturais para muitos tipos de dados. Por exemplo, em uma variedade de estudos, pode haver muitos indivíduos em cada tratamento e cada indivíduo fornece muitos valores de dados. Nesses casos, o modelo possui parâmetros descritivos para cada indivíduo e parâmetros de nível superior que descrevem a distribuição dos valores dos parâmetros de nível individual (KRUSCHKE; LIDDELL, 2018a). No caso das metas-análises os indivíduos são substituídos por um conjunto de indivíduos na forma de um TE representando esse conjunto de dados.

Um modelo bayesiano começa com a especificação de uma distribuição de probabilidade conjunta (GELMAN et al., 2013). Para uma estatística sumária $y_i (i \in \{1, \dots, k\})$ gerada a partir de uma distribuição normal com uma média específica do estudo δ_i e variância σ_i^2 , o teorema de Bayes afirma que:

$$p(\theta|y) \propto p(y|\theta)p(\theta) = \prod_{i=1}^k p(y_i|\delta_i, \sigma_i^2)p(\delta_i|\mu, \tau^2) p(\mu, \tau^2) \quad (\text{Eq. 89})$$

com os parâmetros $\theta = (\delta_1, \dots, \delta_k, \mu, \tau^2)$: μ é a média da população, δ_i é o efeito específico do estudo e τ^2 é a variância entre os estudos (efeitos). Em notação meta-analítica, o modelo Bayesiano segue:

$$y_i \sim \text{Normal}(\delta_i, \sigma_i^2)$$

$$\delta_i \sim \text{Normal}(\mu, \tau^2)$$

$$(\mu, \tau^2) \sim p(\cdot), \tau^2 > 0 \quad (\text{Eq. 90})$$

embora se assemelhe muito a um modelo clássico, existem diferenças notáveis, como a definição de distribuições anteriores $p(\cdot)$ para μ e τ^2 , além de restringir τ^2 a valores positivos.

Note que as metas-análises bayesianas podem ser analisadas utilizando modelos de efeitos fixos, aleatórios, mistos (meta-regressões), multiníveis e multivariadas tal como foi descrito nos tópicos anteriores sob a ótica frequentista. A grande diferença é o uso das distribuições anteriores nas metas-análises bayesianas. Para detalhes sobre a imposição de distribuições anteriores em metas-análises verificar os trabalhos de Rhodes et al. (2016), Röver et al. (2021) e Williams; Rast e Bürkner (2018).

Segundo Sutton e Abrams (2001) as vantagens de metas-análises sob a estrutura bayesiana incluem:

- Permite que declarações de probabilidade sejam feitas diretamente em relação às quantidades de interesse, por exemplo, a probabilidade de que a intervenção de treinamento A seja em média melhor do que a intervenção B (*e.g.*, (BARRETO et al., 2023; BORSZCZ et al., 2022; CAMPOS et al., 2021; KOERICH et al., 2022));
- Permite que evidências de uma variedade de fontes, relacionadas a um problema específico, sejam levadas em consideração em uma estrutura de modelagem coerente;
- Permite que declarações preditivas, incluindo uma quantidade de incerteza, sejam feitas facilmente, condicional ao estado atual de conhecimento;
- Incluir crenças anteriores requer que os investigadores pensem cuidadosamente sobre o que realmente esperam;
- Unidades de análise semelhantes, por exemplo, estudos em meta-análise, podem obter força de outras unidades para estimar um efeito de unidade individual;
- Todas as incertezas dos parâmetros são automaticamente contabilizadas na análise (*i.e.*, todos os parâmetros possuem ICr);
- Os métodos bayesianos conduzem naturalmente a uma estrutura teórica de decisão que também pode levar em conta custos e utilidades ao tomar decisões sobre cuidados de saúde ou políticas.

Já as desvantagens incluem (SUTTON; ABRAMS, 2001):

- O uso de distribuições anteriores baseadas em crenças subjetivas destrói qualquer elemento, ou ilusão, de objetividade;
- Extrair distribuições anteriores não é um exercício trivial;
- Diferentes distribuições anteriores podem ser usadas, o que pode gerar resultados variados e, portanto, não há uma análise definitiva e uma análise de sensibilidade é sempre necessária;
- As análises podem ser computacionalmente complexas de implementar e, portanto, demoradas para serem executados;
- No momento, existem limitações de *software*, embora isso esteja mudando rapidamente.

Vale ressaltar que essas postulações foram feitas em 2001, desde então houve um enorme progresso. Deste modo, as duas últimas desvantagens abordadas por Sutton e Abrams (2001), foram em partes “solucionadas”, como a criação de vários pacotes de análise com linguagem mais acessível como o pacote de análise ‘brms’ (BÜRKNER, 2017) implementado no *software* R (R CORE TEAM, 2019), além da evolução computacional que ocorreu nas últimas duas décadas.

3 METODOLOGIA GERAL COMUM A TODAS AS REVISÕES SISTEMÁTICAS COM META-ANÁLISES DA PRESENTE TESE

3.1 ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO PROBLEMA

A presente tese foi dividida em 3 revisões sistemáticas com meta-análises:

- Concordância entre a MFEL e os LL;
- Concordância entre a MFEL e o LACM; e
- Concordância entre a MFEL e parâmetros derivados da relação potência – duração, pelo modelamento da PC.

Os critérios de divisão das quatro metas-análises se deram pelo tipo do protocolo de determinação (configuração e/ou tipo dos testes) e quando aplicável pelo tipo de resposta fisiológica dos limiares de intensidade do exercício.

Para abordar os fatores metodológicos que impactam o nível de concordância entre MFEL e os outros limiares de intensidade de exercício, realizamos as revisões seguindo as diretrizes da declaração PRISMA (PAGE et al., 2021a). Foram realizadas meta-regressões para determinar os erros sistemáticos (diferença média) e aleatórios de concordância ($S_{\text{diferença}}$), utilizando métodos estatísticos estabelecidos (TIPTON; SHUSTER, 2017). Além disso, utilizamos métodos bayesianos estabelecidos (BÜRKNER, 2017) para análises de meta-regressão. As três metas-análises de concordância foram pré-registradas conjuntamente como um projeto guarda-chuva na plataforma OSF (BORSZCZ et al., 2020), o registro permanente pode ser acessado no seguinte link: <https://osf.io/6u592/>.

3.2 PROCEDIMENTOS

3.2.1 Critérios de elegibilidade

Esta revisão sistemática com meta-análise incluiu estudos que foram revisados por pares, resumos, teses e dissertações nos idiomas inglês, português e espanhol. Optamos por incluir a "literatura cinzenta" para abranger um maior número de estudos. Os critérios de inclusão, em caso de duplicação com outro estudo, foram priorizados na seguinte ordem:

revisados por pares → idioma inglês → dados mais detalhados. Esta revisão foca na concordância entre a MFEL com os LL, PC e LACM, e os critérios específicos são os seguintes:

Participantes. A revisão incluiu estudos que usaram participantes humanos de ambos os sexos, todos os níveis de aptidão física e todas as idades. Estudos que usaram participantes com condições médicas que limitam o exercício vigoroso foram excluídos da revisão.

Modo de exercício. A revisão incluiu apenas estudos que utilizaram exercícios cíclicos, nos quais o objetivo da modalidade esportiva é completar uma distância definida no menor tempo possível e onde o desempenho pode ser medido como potência e/ou velocidade. Foram excluídos estudos sobre esportes com raquete e de luta.

Máxima Fase Estável de Lactato Sanguíneo. Estudos que determinaram o MFEL usando pelo menos dois testes realizados em dias diferentes (BENEKE, 2003) foram incluídos sem restrições de duração do teste, delta [La], critério de tempo do delta [La] ou número e duração das pausas.

Potência Crítica. Estudos que determinaram a PC a partir de várias (≥ 2) cargas constantes em TLim ou desempenhos de CR, ou estimaram usando a PC_{3-min}, foram considerados elegíveis para serem incluídos na revisão.

Limiares de lactato. Estudos que determinaram os limiares de lactato determinados durante testes incrementais de estágios.

Teste de lactato mínimo. Estudos que determinaram o LACM utilizando um teste de indução ao aumento da [La], com a Fase 2 de qualquer duração e a Fase 3 composta por um teste incremental de estágios.

3.2.2 Busca na Literatura

A busca na literatura foi realizada em bancos de dados eletrônicos PubMed, ScienceDirect e Scielo (Quadro 8). A última atualização da busca nos bancos de dados foi realizada em 24 de março de 2022. Não foi estabelecido nenhum recorte temporal e estudos adicionais foram buscados na lista de referências, no Google Scholar e por meio de buscas “bola de neve”.

Quadro 8 – Estratégia de busca em cada base de dado.

Base de dados	Língua	Estratégia de busca
PubMed	Inglês	("maximal lactate steady state" OR "maximum lactate steady state" OR "maximum lactate steady-state" OR "maximal lactate steady-state")
ScienceDirect	Inglês	("maximal lactate steady state" OR "maximum lactate steady state" OR "maximum lactate steady-state" OR "maximal lactate steady-state")
Scielo	Inglês, Espanhol e Português	("máximo estado estable de lactato") OR ("maximal lactate steady state") OR ("maximum lactate steady state") OR ("maximum lactate steady-state") OR ("maximal lactate steady-state") OR ("máxima fase estável de lactato")

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3 Seleção dos Estudos

Após a busca nas bases de dados, os estudos encontrados foram transferidos para o aplicativo da web Rayyan (OUZZANI et al., 2016). O aplicativo permitiu a seleção de estudos com base em seu título e resumo e facilitou a remoção de estudos duplicados. Dois investigadores (FKB e RAA) revisaram cada artigo de forma cega e, em seguida, compararam suas seleções. Qualquer desacordo sobre a inclusão ou não inclusão foi discutido com um terceiro investigador (RDL) até que um consenso fosse alcançado.

3.2.4 Extração de Dados

As informações pertinentes foram organizadas em uma planilha do Microsoft Excel (Microsoft Corporation, WA, EUA). Em casos em que foi necessário, os dados foram extraídos de gráficos utilizando o WebPlotDigitizer (Web Plot Digitizer, V.4.1. Texas, EUA). Quando necessário, os autores foram contatados por e-mail para fornecer informações sobre os protocolos de teste da MFEL ou PC.

3.2.5 Qualidade do Estudos

Para avaliar a qualidade metodológica dos estudos, empregamos quatro critérios adaptados da ferramenta COSMIN (MOKKINK et al., 2020) (Quadro 9). Dois autores (FKB e RAA) revisaram independentemente todos os artigos incluídos, e em caso de desacordos nas pontuações de qualidade atribuídas aos estudos, um terceiro investigador (RDL) os resolveu.

Quadro 9 – Qualidade dos estudos e risco de viés.

Item	Definição	Critério
Tamanho da amostra	O tamanho da amostra foi adequado?	≥100: adequado 50 – 99: bom 30 – 49: moderado <30: pequeno
Detalhes dos participantes	Foram fornecidos os dados de sexo, idade, número de participantes e nível de habilidade?	Sim — todos os detalhes dos participantes foram reportados Parcial — um ou dois níveis não foram apresentados Não reportado
Crítérios de inclusão/exclusão	Foram fornecidos os detalhes relativos aos critérios de inclusão e exclusão utilizados para os sujeitos?	Sim — ambos critérios de inclusão e exclusão foram reportados Parcial — critério de exclusão ou inclusão foi reportado Não reportado
Estabilidade dos participantes e das condições dos testes	Os participantes e as condições de teste (ou seja, equipamento e ambiente) estavam estáveis entre as sessões de teste?	Sim — estabilidade específica das condições relatadas Parcial — estabilidade implícita no desenho do estudo Não reportado

Fonte: Adaptado de Robertson; Burnett; Cochrane (2014).

3.2.6 Tamanhos de Efeito e Transformação de Dados

A estimativa ‘populacional’ da diferença média em porcentagem entre MFEL e Preditores ($\mu_{PRED-MFEL}$) e sua variância amostral ($S^2_{\mu_{PRED-MFEL}}$) para dados não independentes (ou seja, medidas repetidas) são expressos, respectivamente, da seguinte forma (BORENSTEIN et al., 2009):

$$\hat{\mu}_{PRED-MFEL} (\%) = \left(\frac{\bar{x}_{PRED} - \bar{x}_{MFEL}}{\bar{x}_{MFEL}} \right) 100 \quad (\text{Eq. 91})$$

$$S^2_{\hat{\mu}_{PRED-MFEL}} (\%) = \left(\left[\frac{S_{PRED-MFEL}}{\bar{x}_{MFEL}} \right] 100 \div \sqrt{n} \right)^2 \quad (\text{Eq. 92})$$

onde \bar{x}_{MFEL} and \bar{x}_{PC} são a média amostral da MFEL e Preditores, respectivamente, $S_{MLSS-CP}$ é o DP da diferença entre MFEL e Preditores amostral e n é o tamanho da amostra.

Um estimador não tendencioso do logaritmo natural (ln) do DP percentual "populacional" da diferença entre MFEL e Preditores ($\ln \sigma_{PRED-MFEL}$) e sua variância de amostragem ($S^2_{\ln \sigma_{PRED-MFEL}}$) são expressos, respectivamente, da seguinte forma (NAKAGAWA et al., 2015; SENIOR; VIECHTBAUER; NAKAGAWA, 2020):

$$\ln \hat{\sigma}_{PRED-MFEL} (\%) = \ln (S_{PRED-MFEL}) + \frac{1}{2(n-1)} \quad (\text{Eq. 93})$$

$$S^2_{\ln \hat{\sigma}_{PRED-MFEL}} (\%) = \frac{1}{2(n-1)} \quad (\text{Eq. 94})$$

onde $S_{PRED-MFEL}$ é o desvio padrão da amostra da diferença entre MFEL e Preditores, \ln é o logaritmo natural e n é o tamanho da amostra. O $\ln \hat{\sigma}$ é uma estimativa do $\ln \sigma$ e presume-se que, com a transformação logarítmica, $\ln \sigma$ seja distribuído normalmente com uma variância $S^2_{\ln \sigma}$. Na maioria dos estudos, $S_{PRED-MFEL}$ foi estimado a partir dos 95% LdC da análise gráfica de Bland Altman, valores-p exatos por meio de estatística-t e coeficiente de correlação conforme as [Equações 65 a 69](#). Quando nenhuma dessas opções estava disponível, o $S_{PRED-MFEL}$ foi estimado usando a equação acima, imputando o valor de r ([Equação 64](#)). Para a comparação entre MFEL e Preditores o valor de r imputado foi de 0,93. É importante observar que quando o $S_{PRED-MFEL}$ foi imputado, ele não foi incluído na análise do desvio padrão das diferenças.

Para realizar a meta-análise, todos os tamanhos de efeito devem ser expressos em uma métrica comparável comum (HOPKINS, 2018). A potência representa a medida "externa" de intensidade que melhor reflete a demanda do sujeito (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). Portanto, os efeitos relatados como velocidade em todas as modalidades ou inclinações de esteira na corrida foram convertidos em efeitos percentuais equivalentes à potência usando equações publicadas (veja o tópico para detalhes [Conversão da velocidade para potência](#)).

3.2.7 Análise Estatística e Interpretação dos Resultados

Todas as análises foram realizadas utilizando métodos estabelecidos de inferência Bayesiana. Essa abordagem estatística permite a quantificação da incerteza nos parâmetros do modelo e nas previsões. Ela envolve o uso de conhecimento prévio (*i.e.*, uma distribuição esperada de efeitos plausíveis), que é atualizado com novos dados (*i.e.*, dados coletados, no caso de meta-análise, os tamanhos de efeito dos estudos) para obter uma distribuição posterior dos parâmetros de interesse. As simulações MCMC são usadas para fazer amostragens da distribuição posterior. As simulações de MCMC envolvem a geração de uma série de amostras da distribuição posterior usando uma cadeia de Markov, onde cada amostra depende apenas da amostra anterior. A cadeia resultante de amostras fornece uma estimativa da distribuição posterior. As análises foram realizadas pelo software R (R Core Team, Viena, Áustria) usando

o pacote 'brms' (BÜRKNER, 2017) para ajustar modelos multiníveis meta-analíticos bayesianos usando Stan (GELMAN; LEE; GUO, 2015). Todos os ajustes de modelos foram realizados usando métodos MCMC, mais especificamente o amostrador *No-U-Turn* (NUTS) implementado no Stan. As distribuições prévias impostas são moderadamente informativas.

3.2.7.1 Meta-regressões

Meta-regressão é uma técnica estatística utilizada para analisar e modelar a relação entre uma ou mais variáveis de nível de estudo e os tamanhos dos efeitos relatados. Isso nos permitiu investigar o impacto de diferentes fatores sobre as magnitudes dos tamanhos dos efeitos, como o design de protocolos da MFEL e seus preditores, características dos sujeitos do estudo e outras fontes potenciais de heterogeneidade.

As covariáveis incluídas nos modelos foram escolhidas a partir de uma série de modelos ajustados para os tamanhos de efeito das diferenças médias, incluindo diversas combinações de covariáveis e transformações não lineares nas covariáveis contínuas. O modelo foi selecionado usando validação cruzada “*leave-one-out*” a partir do pacote 'loo' do software R (VEHTARI; GELMAN; GABRY, 2017), e os detalhes foram fornecidos nos arquivos de análise.

3.2.7.2 Interpretação dos Resultados

Todas as estimativas posteriores geradas pelo método de amostragem MCMC foram apresentadas como distribuições completas com seus respectivos modos e intervalos de credibilidade de densidade mais alta de 90% (CrI). O CrI de 90% indica que há uma probabilidade de 90% de que o parâmetro esteja contido dentro do CrI (MOREY et al., 2016). A heterogeneidade entre os efeitos, estudos e níveis de efeitos de grupo são apresentados como um desvio padrão (τ). Os tamanhos de efeito de $\ln \sigma_{PRED-MFEL}$ e os coeficientes meta-analíticos associados foram transformados de volta para a escala original usando uma função exponencial, portanto, os efeitos modificadores (coeficientes β) são multiplicativos, e a heterogeneidade apresentada pelos valores de τ é apresentada como fatores de multiplicação/divisão (\times/\div).

Utilizamos o procedimento de região de equivalência prática (ROPE) para inferir os resultados (KRUSCHKE, 2018). Conforme pré-registrado, o ROPE para o tamanho do efeito

da diferença média ($pROPE_{\mu}$) foi definido como $\pm 3\%$ (CARMINATTI et al., 2021; HAUSER; ADAM; SCHULZ, 2013; JAMNICK et al., 2018), e o ROPE para o desvio padrão dos tamanhos de efeito das diferenças ($pROPE_{\sigma}$) foi definido como 0,9 e 1,1 (GORE; HOPKINS; BURGE, 2005; HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). A proporção da distribuição posterior localizada abaixo, dentro e acima do ROPE foi calculada, apresentando-a como porcentagem, nesse caso, as porcentagens devem ser interpretadas como a probabilidade de que o parâmetro esteja nas três regiões do ROPE ($P_{<ROPE}$, $P_{|ROPE|}$ e $P_{>ROPE}$, respectivamente). A proporção de heterogeneidade explicada pelas covariáveis inseridas nas meta-regressões foi avaliada usando o Pseudo- R^2 para meta-regressões (KONSTANTOPOULOS; HEDGES, 2019), conforme a [Equação 37](#).

Por fim, foram calculados os limites inferiores e superiores dos intervalos de concordância de 99% (99% LdC) usando amostras posteriores dos tamanhos e escalas de efeito de localização, conforme a fórmula a seguir (KRUSCHKE, 2018):

$$LdC^{99\%} = \mu_{PRED-MFEL} \pm (\sigma_{PRED-MFEL} \times 2.567) \quad (\text{Eq. 95})$$

4 CONCORDÂNCIA ENTRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E OS LIMIARES DE LACTATO

4.1 INTRODUÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E OS LIMIARES DE LACTATO

Durante um teste de exercício incremental (TI), vários limiares podem ser determinados com base em diferentes respostas fisiológicas. Destes, os limiares derivados da [La] são os mais comumente estudados (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). Há pouco mais de uma década, Faude; Kindermann; Meyer (2009) conduziram uma revisão narrativa sobre a validade dos LLs e relataram um número impressionante de 25 métodos diferentes de LL. É bem estabelecido que há dois limiares distintos durante um TI: o 'primeiro' (LL₁), é identificado como o ponto em que [La] aumenta acima dos valores de repouso, e o 'segundo', (LL₂), presume-se, marca o ponto em que [La] atinge seu equilíbrio máximo entre entrada e remoção no sangue (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). Além disso, são descritos marcadores de intensidade de exercício associados a valores fixos de [La], como 2; 2,2; 2,5; 3; 3,5 e 4 mmol/L (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

Para verificar a hipótese de que o LL₂ e certas intensidades de exercício associadas com um valor fixo na [La] de 4 mmol/L correspondem à máxima intensidade de exercício na qual a [La] sanguínea atinge o estado estável, foram realizados vários estudos a partir da década de 1980 (AUNOLA; RUSKO, 1992; FOXDAL; SJÖDIN; SJÖDIN, 1996; HAVERTY; KENNEY; HODGSON, 1988; HECK et al., 1985; RIBEIRO et al., 1986; STEGMANN; KINDERMANN, 1982; URHAUSEN et al., 1993). Esses estudos examinaram a resposta ao longo do tempo da [La] durante o exercício de carga constante em intensidades próximas dos métodos de LL₂ ou valores fixos na [La] (*i.e.*, 95% a 105%) (AUNOLA; RUSKO, 1992; FOXDAL; SJÖDIN; SJÖDIN, 1996; HAVERTY; KENNEY; HODGSON, 1988; HECK et al., 1985; RIBEIRO et al., 1986; STEGMANN; KINDERMANN, 1982; URHAUSEN et al., 1993). A intensidade constante de carga mais alta na qual a [La] ainda atinge um determinado critério de delta [La] entre uma duração estabelecida é referida como MFEL (BENEKE, 2001, 2003a, 2003b; BILLAT et al., 2003; HECK, 1991; HECK et al., 1985; HECK; HESS; MADER, 1985). Nestes estudos pioneiros, o critério de estado estável da [La] não estava bem definido (por exemplo, (FOXDAL; SJÖDIN; SJÖDIN, 1996; RIBEIRO et al., 1986; STEGMANN;

KINDERMANN, 1982; URHAUSEN et al., 1993)). No entanto, Heck et al. (1985) e Heck; Hess; Mader (1985) introduziram o critério de ≤ 1 mmol/L de delta na [La] entre os últimos 20 min do exercício (nestes estudos, ≤ 1 mmol/L entre o 8º e o 28º min) em 1985. Outros critérios de delta [La] para estabelecer a MFEL também são usados, consulte (BENEKE, 2003a) para revisão; no entanto, o critério de ≤ 1 mmol/L durante os últimos 20 min de um teste de 30 min tem sido o mais comumente usados até o momento. A MFEL ganhou significativa popularidade na década de 2000, principalmente devido a investigações sobre seus aspectos metodológicos (BENEKE, 2001, 2003a, 2003b; BENEKE; HÜTLER; LEITHÄUSER, 2000; BENEKE; VON DUVILLARD, 1996). Apesar de críticas recentes (JONES et al., 2019a), a MFEL é amplamente utilizada como medida padrão de avaliação aeróbia e às vezes é referido como o limiar fisiológico "padrão-ouro".

A determinação da MFEL geralmente requer vários testes de carga submáxima realizados em dias diferentes, tornando-o impraticável. Em contraste, os métodos do LL são mais práticos, pois requerem apenas um TI com duração de algumas dezenas de minutos. Embora a base fisiológica da MFEL e do LL₂ sejam comparáveis (AUNOLA; RUSKO, 1992; BENEKE, 2003a; HECK et al., 1985), o grau de concordância entre eles permanece incerto (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). Enquanto alguns estudos encontram uma boa concordância entre a MFEL e os LLs, outros do contrário, verificaram uma baixa concordância (veja a revisão de Faude; Kindermann; Meyer (2009) para detalhes). Uma possível explicação para os resultados divergentes pode ser atribuída a aspectos metodológicos envolvidos nas suas determinações. As abordagens do LL são influenciadas por vários fatores metodológicos, como a duração dos estágios do TI (BOURDON; WOOLFORD; BUCKLEY, 2018; JAMNICK et al., 2018), a seleção da primeira e última carga de trabalho do TI (MACHADO; NAKAMURA; MORAES, 2012) e o método de ajuste da curva da [La] (ALVES et al., 2016; MACHADO; NAKAMURA; MORAES, 2012). A intensidade do exercício correspondente a valores fixos de [La] também depende do tipo (ou seja, venoso ou capilar) (FORSYTH; FARRALLY, 2000) e local de coleta de sangue (EL-SAYED; GEORGE; DYSON, 1993; FOXDAL et al., 1990, 1991; GEORGE et al., 2007; YOSHIDA; TAKEUCHI; SUDA, 1982). Além disso, fatores como modo de exercício (FIGUEIRA et al., 2008), nível de aptidão física (DENADAI et al., 2004), sexo (KLUSIEWICZ, 2005) e outras variáveis podem potencialmente afetar a equivalência entre os LL e a MFEL.

A carga de trabalho em alguns valores fixos de [La] é bem utilizada como intensidade de limiar, especialmente em 4 mmol/L, que foi baseado em médias de amostras, e não em uma referência fisiológica (HECK; HESS; MADER, 1985; HOLLMANN, 1985, 2001; MADER et al., 1976; WACKERHAGE, 2021; WACKERHAGE et al., 2022). Nesse sentido, há muitas críticas ao uso de valores fixos da [La] (FOXDAL; SJÖDIN; SJÖDIN, 1996; JONES et al., 2019a; STEGMANN; KINDERMANN, 1982). Portanto, no início das décadas de 1970-1980, foram desenvolvidos métodos individuais de LL para lidar com as limitações dos métodos fixos de [La] (BERG et al., 1980; BUNC et al., 1985; DICKHUTH et al., 1991; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; KEUL; BERG, 1986; SIMON et al., 1981; STEGMANN; KINDERMANN, 1982). Apesar de muita discussão, não houve um consenso claro sobre a abordagem mais eficaz. No entanto, estudos recentes sugerem que o uso de métodos individuais de LL podem resultar respostas individuais entre a MFEL e métodos individuais de LL em comparação com métodos fixos de [La] (DOTAN, 2012, 2022a; WAHL et al., 2018). Se essa suposição for verdadeira os desvios-padrão das diferenças devem ser menores entre a MFEL e os métodos individuais quando comparados aos métodos de [La] fixos. Portanto, para validar isso, existem métodos robustos de meta-análise para comparar os $S_{\text{diferença}}$ (NAKAGAWA et al., 2015; SENIOR et al., 2016; SENIOR; VIECHTBAUER; NAKAGAWA, 2020; TIPTON; SHUSTER, 2017) e fornecer uma resposta a essa questão.

A concordância entre os métodos de LL e MFEL permanece sem solução. Para abordar as questões relacionadas à validade dos LL na predição do MFEL, e as características metodológicas dos testes e dos sujeitos que afetam sua concordância, meta-regressões podem ser utilizadas incorporando tais covariáveis. Portanto, o objetivo desta revisão foi realizar duas meta-análises que avaliem a validade dos métodos de LL para estimar a MFEL, uma focada na média e outra nas diferenças individuais.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Metodologia geral

A descrição dos métodos em relação as etapas da revisão sistemática, tais como, os critérios de inclusão e exclusão, a busca e seleção, extração dos dados e avaliação da qualidade metodológica dos estudos; bem como, da transformação dos dados, cálculo dos tamanhos de

efeito e da descrição geral das meta-regressões são detalhados no tópico [METODOLOGIA GERAL COMUM A TODAS AS REVISÕES SISTEMÁTICAS COM META-ANÁLISES](#).

4.2.2 Meta-regressões

As formulações de modelos específicos de meta-regressão são descritas abaixo. Resumidamente, todos os modelos foram multiníveis e multivariados. Multiníveis porque o nível populacional (também conhecido como efeitos fixos ou covariáveis) e alguns efeitos de nível de grupo (também conhecidos como efeitos aleatórios) foram utilizados. O nível de grupo tradicional em meta-análise é a identidade de cada efeito incluído, outros níveis de grupo escolhidos foram efeitos aninhados dentro de outros efeitos de nível populacional, no entanto, eles foram considerados como níveis de grupo para superar os problemas de *overfitting*. Multivariado refere-se à abordagem de dados correlacionados (ou seja, múltiplos tamanhos de efeito dos mesmos sujeitos) através de uma matriz de variância-covariância imputada. Além disso, alguns estudos não forneceram o $\dot{V}O_2\max$ e o número e duração das pausas da MFEL, então essas covariáveis foram imputadas durante o ajuste do modelo, conforme descrito anteriormente (BÜRKNER, 2021).

4.2.2.1 Diferença média

Para determinar a diferença média percentual entre MFEL e LL ($\mu_{LL-MFEL}$) de métodos de concentrações fixas utilizamos um modelo multivariado multinível, a seguir:

Limiares de lactato determinado pelas concentrações fixas:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} \sim & 1 + \textit{Exercício} + \textit{MFEL pausas: MFEL duração das pausas} + \\ & \textit{MFEL } \Delta [La] + \log_2(\textit{MFEL } \Delta [La] \textit{ intervalo}) + \textit{LL concentração fixa} + \\ & \textit{Amostra de sangue} + \log_2(\textit{duração dos estágios TI}) + \textit{Idade} + \textit{Sexo} + \dot{V}O_2\max + \\ & (1|\textit{efeito}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 96})$$

Limiares de lactato determinado pelos métodos de tangente:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} \sim & 1 + \textit{Exercício} + \textit{MFEL pausas: MFEL duração das pausas} + \\ & \textit{LL IAT} + \log_2(\textit{duração dos estágios TI}) + \textit{Idade} + \textit{Sexo} + (1|\textit{efeito}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 97})$$

Primeiro aumento +:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} \sim & 1 + \textit{Exercício} + \textit{MFEL pausas: MFEL duração das pausas} + \\ & + \textit{LL FR} + \textit{LL aumento do [La]} + \textit{Amostra de sangue} + \\ \log_2(\textit{duração dos estágios TI}) + & \textit{Idade} + \textit{Sexo} + \dot{V}O_2\textit{max} + (1|\textit{efeito}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 98})$$

Máxima distância:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} \sim & 1 + \textit{Exercício} + \textit{MFEL pausas: MFEL duração das pausas} + \\ \log_2(\textit{MFEL } \Delta \textit{ [La] intervalo}) + & \textit{Ajuste da curva de [La]} + \textit{Primeira carga} + \\ \textit{Amostra de sangue} + \log_2(\textit{duração dos estágios TI}) + & \textit{Idade} + \textit{Sexo} + \dot{V}O_2\textit{max} + \\ (1|\textit{efeito}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 99})$$

Ponto de quebra na curva de lactato:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} \sim & 1 + \textit{Exercício} + \textit{MFEL pausas: MFEL duração das pausas} + \\ \textit{Segmentação da curva de [La]} + \log_2(\textit{duração dos estágios TI}) + & \textit{Idade} + \textit{Sexo} + \\ \dot{V}O_2\textit{max} + (1|\textit{efeito}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 100})$$

Primeiro aumento:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} \sim & 1 + \textit{Exercício} + \textit{MFEL pausas: MFEL duração das pausas} + \\ + \log_2(\textit{MFEL } \Delta \textit{ [La] intervalo}) + \textit{LL FR} + \textit{Amostra de sangue} + & \\ \log_2(\textit{duração dos estágios TI}) + \textit{Idade} + \textit{Sexo} + \dot{V}O_2\textit{max} + & (1|\textit{efeito}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 101})$$

4.2.2.2 Desvio padrão das diferenças

O desvio padrão das diferenças ($\sigma_{LL - MFEL}$) foi analisado com transformação logarítmica, e os efeitos do modelo multivariado de vários níveis são apresentados da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \ln \sigma_{LL-MFEL} \sim & 1 + \textit{Exercício} + \log_2(\textit{duração dos estágios TI}) + \textit{Idade} + \\ \textit{Sexo} + \dot{V}O_2\textit{max} + (1|\textit{efeito}) + (1|\textit{LL}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 102})$$

onde:

variáveis independentes:

- $\mu_{LL-MFEL}$ é a diferença média percentual entre MFEL e LL com um erro padrão associado,
- $\ln \sigma_{LL-MFEL}$ é o $S_{diferença}$ log-transformado percentual entre MFEL e LL com um erro padrão associado,

Efeitos a nível populacional:

- I é o intercepto da meta-regressão,
- *Exercício* é uma variável categórica para modos de exercício (ou seja, ciclismo, corrida, remo, natação, caiaque, esqui XCO, patinação de velocidade),
- *MFEL pausas:MFEL duração das pausas* consiste em uma interação entre as duas variáveis contínuas, o número de pausas do MFEL (como contagem) e a duração de cada pausa (em segundos). Em alguns estudos, eles foram imputados durante o modelamento MCMC,
- *MFEL Δ [La]* refere-se ao critério de delta na [La] (em mmol/L),
- *MFEL Δ [La] intervalo* consiste no intervalo de tempo do delta na [La] (em minutos), analisado \log_2 transformado,
- *LL concentração fixa* refere-se à concentração de lactato dos LL em mmol/L analisada de forma contínua (2; 2,5; 3; 3,5; 4 e 5),
- *Amostra de sangue* é uma variável categórica do local de aquisição das amostras de sangue (venoso ou capilar),
- *$\log_2(\text{duração dos estágios TI})$* corresponde a duração dos estágios durante o teste incremental (linear em min),
- *Idade* é uma variável contínua da idade dos sujeitos em anos,
- *Sexo* refere-se à proporção de mulheres nas amostras dos estudos, *e.g.*, 0 = 100% homens, 1 = 100% mulheres, 0,3 = 30% mulheres,
- *$\dot{V}O_2max$* refere-se ao consumo máximo de oxigênio do sujeito normalizada pela massa corporal (contínua como mL/kg/min), e em alguns estudos, foi imputado,
- *LL IAT* refere-se aos métodos de LL da família tangente,
- *LL FR* são os LL da família de primeiro aumento,
- *LL aumento do [La]* refere-se ao aumento de [La] acima do LL_1 em mmol/L,

- *Ajuste da curva de [La]* é o ajuste matemático da curva de [La] (polinomial ou exponencial),
- *Primeira carga* refere-se a carga inicial levada em consideração no ajuste matemático da curva de [La] os LL da família de máxima distância,
- Segmentação da curva de [La] descreve em quantas partes a curva de [La] foi dividida para determinação do LL₂ (bissegmentada ou tri-segmentada).

Efeitos a nível de grupo:

- *efeito* é um termo de nível de grupo para a identidade (ou seja, interceptação) de cada tamanho de efeito incluído (ou seja, meta-análise de efeitos aleatórios),
- *LL* refere-se a um termo de nível de grupo para a identidade de cada método específico de LL.

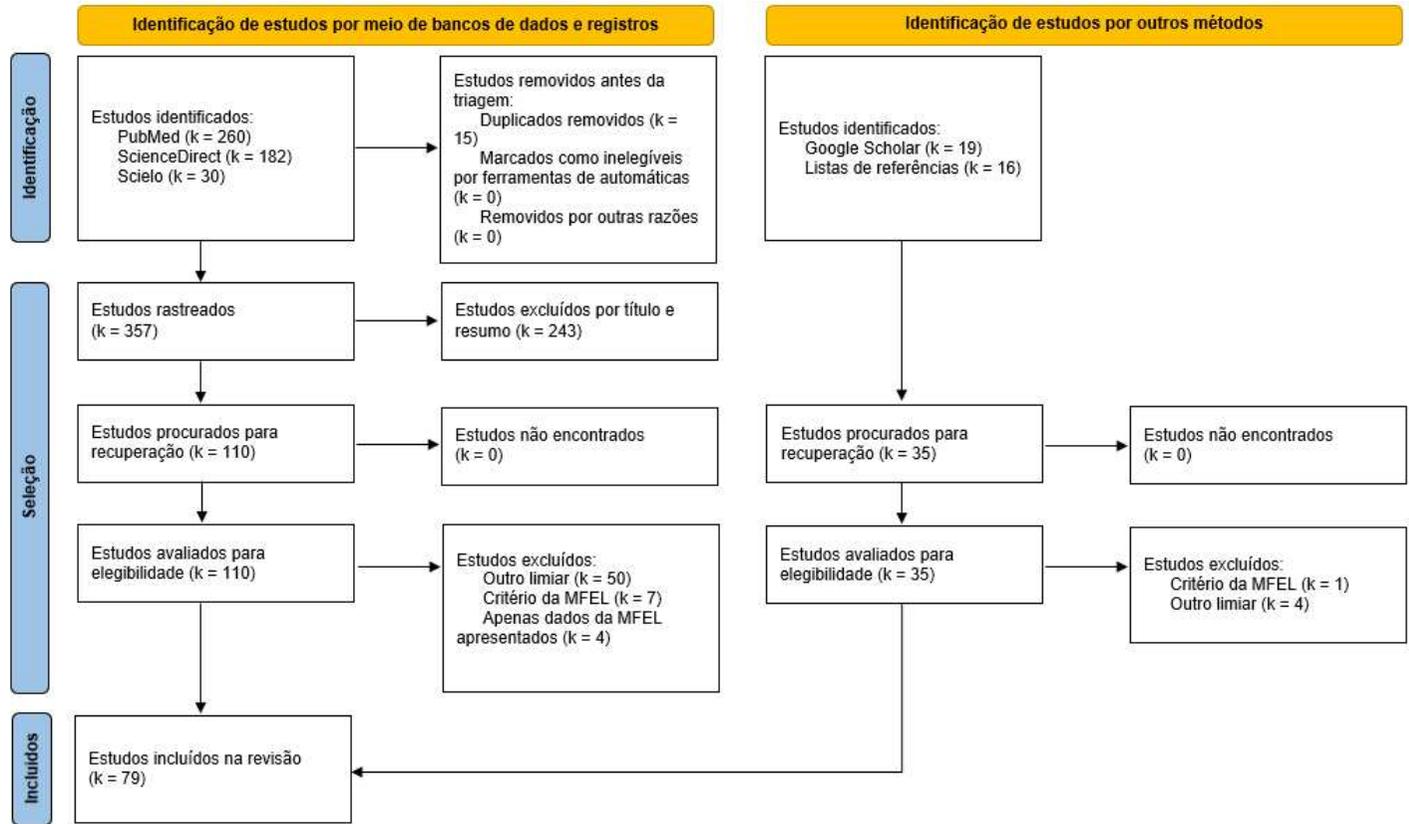
4.3 RESULTADOS

4.3.1 Seleção dos estudos

Cada passo na seleção dos estudos é detalhado na Figura 15. Após todo o processo de avaliação dos estudos, foram incluídos 79 estudos nesta revisão sistemática com meta-análise (ALMARWAEY; JONES; TOLFREY, 2004; ARRATIBEL-IMAZ, 2013; ARRATIBEL-IMAZ et al., 2016; BARBOSA et al., 2009, 2011; BENEKE, 1995; BENEKE et al., 2009; BOURDON; WOOLFORD; BUCKLEY, 2018; CAEN et al., 2021; CARITÁ; GRECO; DENADAI, 2009; CARTER; JONES; DOUST, 1999a; CEREZUELA-ESPEJO et al., 2018; COELHO et al., 2015; CZUBA et al., 2009; DE BARROS et al., 2012, 2016; DE SOUZA et al., 2012; DENADAI et al., 2004; DENADAI; GOMIDE; GRECO, 2005; DOTAN et al., 2011; DOTAN, 2012; DRAGONEA et al., 2019; ESPADA et al., 2021; ESPADA; PESSÔA FILHO; ALVES, 2017; FERNANDES et al., 2011; FIGUEIRA et al., 2008; FIGUEIRA; DENADAI, 2004; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2018; GARCIA-TABAR; RAMPININI; GOROSTIAGA, 2019; GIL-REY et al., 2019; GRECO et al., 2012, 2013; GROSSL et al., 2012a; HARP, 2017; HAUSER; ADAM; SCHULZ, 2013; HAVERTY; KENNEY; HODGSON, 1988; HECK, 1991; HECK; HESS; MADER, 1985; HECK; MÜLLER; HOLLMANN, 1991; HECKSTEDEN et al., 2015; JAKOBSSON; MALM, 2019; JAMNICK et al., 2018; JONES; DOUST, 1998; KELLER; MANUNZIO; WAHL, 2022; KILDING;

JONES, 2005; KLUSIEWICZ, 2005; LI et al., 2014; LOURES et al., 2015; MAMEN; LAPARIDIS; VAN DEN TILLAAR, 2011; MAMEN; VAN DEN TILLAAR, 2009; MESSIAS, 2018; NIEMEYER et al., 2022; NIKITAKIS; TOUBEKIS, 2021; OLIVEIRA et al., 2012; PALLARÉS et al., 2016; PELARIGO et al., 2018; PEREIRA et al., 2002; PESSÔA FILHO; GRECO; DENADAI, 2014; PHILP et al., 2008; PHILP, 2009; PILOTTO et al., 2019; PŁOSZCZYCA et al., 2020; POSSAMAI et al., 2022; PRINGLE; JONES, 2002; RIBEIRO et al., 2004; RUAS et al., 2006; SMEKAL et al., 2002, 2012; SMITH; JONES, 2001; SNYDER et al., 1994; SNYDER; PARMENTER, 2009; TOLFREY et al., 2009; VAN SCHUYLENBERGH; VANDEN EYNDE; HESPEL, 2004; VOBEDA et al., 2006; WAHL et al., 2017, 2018, 2021; WONISCH et al., 2002; ZWINGMANN et al., 2019).

Figura 15 – Seleção dos estudos conforme o PRISMA para MFEL *versus* LL.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Abreviações: k = número de estudos; LL = limiar de lactato; MFEL = máxima fase estável de lactato sanguíneo

4.3.2 Características dos estudos

Dos estudos incluídos apenas oito utilizaram amostras compostas 100% por mulheres (ALMARWAEY; JONES; TOLFREY, 2004; BENEKE et al., 2009; CZUBA et al., 2009; GIL-REY et al., 2019; HECK, 1991; KELLER; MANUNZIO; WAHL, 2022; KLUSIEWICZ, 2005; PELARIGO et al., 2018), 10 estudos incluíam homens e mulheres, onde a proporção de mulheres variou entre 14% e 57% dos participantes (BOURDON; WOOLFORD; BUCKLEY, 2018; CAEN et al., 2021; CARTER; JONES; DOUST, 1999a; HECKSTEDEN et al., 2015; JAKOBSSON; MALM, 2019; LI et al., 2014; PHILP et al., 2008; PILOTTO et al., 2019; PRINGLE; JONES, 2002; SMEKAL et al., 2002, 2012; SNYDER; PARMENTER, 2009; WAHL et al., 2017, 2021). Em relação ao modo de exercício 34 estudos utilizaram o ciclismo (ARRATIBEL-IMAZ et al., 2016; BARBOSA et al., 2009, 2011; BENEKE et al., 2009; CAEN et al., 2021; CARITÁ; GRECO; DENADAI, 2009; CZUBA et al., 2009; DE BARROS et al., 2012, 2016; DENADAI et al., 2004; DOTAN, 2012; FIGUEIRA; DENADAI, 2004; GRECO et al., 2012; GROSSL et al., 2012a; HARP, 2017; HAUSER; ADAM; SCHULZ, 2013; HECK, 1991; HECK; MÜLLER; HOLLMANN, 1991; JAMNICK et al., 2018; MAMEN; VAN DEN TILLAAR, 2009; MESSIAS, 2018; NIEMEYER et al., 2022; PALLARÉS et al., 2016; PHILP, 2009; PŁOSZCZYCA et al., 2020; PRINGLE; JONES, 2002; RUAS et al., 2006; SMEKAL et al., 2002, 2012; SNYDER et al., 1994; VAN SCHUYLENBERGH; VANDEN EYNDE; HESPEL, 2004; WAHL et al., 2017; WONISCH et al., 2002; ZWINGMANN et al., 2019), 29 a corrida (ALMARWAEY; JONES; TOLFREY, 2004; ARRATIBEL-IMAZ, 2013; CARTER; JONES; DOUST, 1999a; CEREZUELA-ESPEJO et al., 2018; COELHO et al., 2015; DE SOUZA et al., 2012; DENADAI; GOMIDE; GRECO, 2005; DOTAN et al., 2011; DOTAN, 2012; DRAGONEA et al., 2019; FIGUEIRA et al., 2008; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2018; GARCIA-TABAR; RAMPININI; GOROSTIAGA, 2019; GIL-REY et al., 2019; HAVERTY; KENNEY; HODGSON, 1988; HECK; HESS; MADER, 1985; JONES; DOUST, 1998; KILDING; JONES, 2005; LOURES et al., 2015; MAMEN; LAPARIDIS; VAN DEN TILLAAR, 2011; PHILP et al., 2008; SMITH; JONES, 2001; SNYDER et al., 1994; SNYDER; PARMENTER, 2009; TOLFREY et al., 2009; VOBEDA et al., 2006; WAHL et al., 2018, 2021; ZWINGMANN et al., 2019), cinco o remo (BENEKE, 1995; BOURDON; WOOLFORD; BUCKLEY, 2018; DOTAN, 2012; KLUSIEWICZ, 2005; POSSAMAI et al., 2022), nove na natação (ESPADA et al., 2021; ESPADA; PESSÔA FILHO; ALVES, 2017;

GRECO et al., 2013; KELLER; MANUNZIO; WAHL, 2022; NIKITAKIS; TOUBEKIS, 2021; OLIVEIRA et al., 2012; PELARIGO et al., 2018; PEREIRA et al., 2002; PESSÔA FILHO; GRECO; DENADAI, 2014; RIBEIRO et al., 2004), um a patinação de velocidade (HECKSTEDEN et al., 2015), dois o caiaque (LI et al., 2014; PILOTTO et al., 2019) e um o esqui XCO (JAKOBSSON; MALM, 2019).

Em relação aos LL, cada método é detalhado no [Quadro 1](#) e [Figuras 1 e 2](#). As principais características dos estudos em relação aos protocolos de teste da MFEL e LL e os tamanhos de efeito observados a nível de estudo ($\hat{\mu}_{LL - MFEL}$ e $\hat{\sigma}_{LL - MFEL}$) são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos estudos incluídos na revisão sistemática aninhados pelo método do limiar de lactato e classificados pela diferença média percentual equivalente à medida de potência em relação a máxima fase estável de estável de lactato sanguíneo.

Referência	n sexo; nível de treinamento	Modo de exercício; medida de intensidade	MFEL				Local de aquisição da [La]	LL TI (incremento de carga – duração dos estágios)	$\hat{\mu}_{MLL-MFEL} \pm \hat{\sigma}_{LL-MFEL}$ (%) ^a
			Duração (Δ [La] intervalo), min	Δ [La], mmol/L	Pausas (n° × tempo)	Carga ± (%)			
<i>Valores fixos de lactato</i>									
5 mmol/L									
Li et al. (2014)	4 H, 4 M; canoístas júnior	Caiaque; Potência	30 (20)	1,0	5 × 30	9,0	CO	15 W – 5 min	0,9 ± 8,8
de Barros et al. (2012)	21 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	8,4	CO	15 W – 3 min	3,4 ± 9,4
4 mmol/L									
Li et al. (2014)	4 H, 4 M; canoístas júnior	Caiaque; Potência	30 (20)	1,0	5 × 30	9,0	CO	15 W – 5 min	-7,1 ± 6,4
de Barros et al. (2012)	21 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	8,4	CO	15 W – 3 min	-5,4 ± 9,5
Van Schuylenberg et al. (2004)	21 H; ciclistas de elite 11 H; ciclistas de elite	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	0,6 W/kg – 6 min 0,05 W/kg – 30 s ([La] 3 min)	-4,9 ± 10,6 3,2 ± 15,0
Jakobsson; Malm (2019)	6 M, 2 F; esquiadores <i>cross-country</i>	Esqui <i>cross-country</i> ; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	3,0	CD	1,4–2,2 km/h – 5 min	-4,2 ± 4,6

Hauser; Adam; Schulz (2014)	57 H; vários níveis de treinamento	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,5	CO	40 W – 4 min	-3,2 ± 12,3
Wahl et al. (2018)	18 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 15	2,7	CO	1,4 km/h – 5 min	-2,4 ± 8,2
Heck; Hess; Mader (1985)	16 H; saudáveis	Corrida; Velocidade	28 (20)	1,0	5 × 30	2,0- 4,0	CO	1,4 km/h – 5 min 1,4 km/h – 3 min	-0,5 ± 5,8 8,3 ± 4,7
Espada et al. (2021)	14 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	~5 × 30	?	FC	5% – 200 m [~2,6 min]	0,0 ± 6,9; [0,0 ± 2,3] ^c
Vobejda et al. (2006)	25 H, 6 M; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	3,0	CO	1,4 km/h – 5 min	0,3 ± 6,8
Hecksteden et al. (2015)	12 H, 4 M; patinadores de velocidade	Patinação de velocidade; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	3,4	CO	2 km/h – 3 min	0,3 ± 5,3
Loures et al. (2015)	11 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ?	5,0	CO	1 km/h – 2 laps Hoff circuit [~5 min]	0,9 ± 8,1
Keller; Manunzio; Wahl (2022)	12 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (10) 30 (15) 30 (20)	1,0	5 × 30	3,5 [1,2]	CO	0,03 m/s – 3 min	1,4 ± 5,8; [0,5 ± 1,9] ^c 1,7 ± 5,8; [0,6 ± 1,9] ^c 2,6 ± 5,6; [0,9 ± 1,9] ^c
Snyder; Parmenter (2009)	12 H/M; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × ?	6,0	CD	~0,8 km/h – 6 min	2,8 ± 4,2
Mamen; Laparidis; van den Tillaar (2011)	14 H; treinados	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	4,0	CD	1 km/h – 4,5 min	3,0 ± 8,8

Wahl et al. (2021)	12 H, 4 M; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 30	2,5	CO	1,4 km/h – 3 min	3,4 ± 5,5
Caen et al. (2022)	13 H, 6 M; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,4	CD	M: 40 W, F: 30 W – 3 min	4,0 ± 7,6
Wahl et al. (2017)	19 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,5	CO	20 W – 3 min	4,0 ± 9,5
Coelho et al. (2015)	20 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × ?	8,5	CD	1 km/h – 1000 m [~5 min]	4,2 ± 11,4
Heck; Müller; Hollmann (1991)	22 H; saudáveis	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	30 W – 5 min 25 W – 2 min 50 W – 3 min 50 W – 2 min	4,3 ± 7,6 ^b 10,1 ± 7,2 ^b 11,5 ± 7,6 ^b 17,6 ± 7,6 ^b
Jones; Doust (1998)	8 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 30	3,0	CD	0,5 km/h – 3 min	5,2 ± 2,0
Keller; Manunzio; Wahl (2022)	11 M; nadadoras	Natação; Velocidade	30 (10) 30 (15) 30 (20)	1,0	5 × 30	3,8 [1,3]	CO	0,03 m/s – 3 min	5,4 ± 7,0; [1,8 ± 2,3] ^c 5,7 ± 6,7; [1,9 ± 2,2] ^c 7,3 ± 6,5; [2,4 ± 2,2] ^c
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	5,7 ± 5,7 6,4 ± 5,0 10,2 ± 3,9 15,9 ± 7,4
Tolfrey et al. (2009)	12 H; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 30	3,0	CD	1 km/h – 3 min	5,8 ± 9,0

Smekal et al. (2002)	17 H, 17 M; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	0,6 W/kg – 3 min	7,0 ± 17,0
Cerezuela-Espejo et al. (2018)	22 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0	3,7	CD	1 km/h – 1 min ([La] 2 min)	7,4 ± 9,6
Snyder et al. (1994)	12 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,1	CD	0,75 W/kg – 4 min	8,3 ± 5,5 ^b
	9 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × ?	5,0	CD	0,8 km/h – 5,5 min	11,4 ± 4,5 ^b
Klusiewicz (2005)	14 H; remadores de elite 5 F; remadoras de elite	Remo; Potência	30 (20)	1,0	2 × 30	3,0- 5,0	CO	50 W – 3 min 40 W – 3 min	9,0 ± 4,4 12,0 ± 4,6
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	50 W – 3 min	9,7 ± 10,2
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	5,0	CO	2 km/h – 3 min	10,3 ± 6,9
Mamen; van den Tillaar (2009)	9 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CD	30 W – 5 min	10,9 ± 3,3
Almarwaey et al. (2004)	9 M; corredores adolescentes 13 H; corredores adolescentes	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	3 × 30	3,5 3,2	CD	1 km/h – 3 min	11,9 ± 4,6 14,0 ± 7,3
Beneke (1995)	9 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	5 × 30	3,0- 10,0	CO	35 W – 3 min	12,5 ± 4,6
Ploszczyca et al. (2020)	12 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,7	CD	40 W – 3 min	14,5 ± 6,0
Heck (1991)	8 M; crianças/adolescentes 10 H; crianças/adolescentes	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	25 W – 2 min	18,7 ± 12,3 19,7 ± 9,4
Pallarés et al. (2016)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,0	CO	25 W – 1 min ([La] 2 min)	19,2 ± 8,5

Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	23,5 ± 11,1
Fernandes et al. (2011)	17 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	7,1	CO	0,05 m/s – 400 m [~6 min]	26,9 ± 21,1; [8,3 ± 6,6] ^{b c}
								0,05 m/s – 300 m [~4,5 min]	26,9 ± 22,4; [8,3 ± 7,0] ^{b c}
								0,05 m/s – 200 m [~3 min]	33,4 ± 21,1; [10,1 ± 6,6] ^{b c}
3.5 mmol/L									
de Barros et al. (2016)	8 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	5,0- 10,0	CO	15 W – 3 min	22° C: -14,4 ± 4,2 40° C: -2,7 ± 6,8
Figueira et al. (2008)	11 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0- 8,0	CO	20 W – 3 min	-13,0 ± 14,5
		Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30			1 km – 3 min	3,2 ± 8,5
Ruas et al. (2006)	11 H; fisicamente ativos	Ciclismo;	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0-	CO	25-35 W – 3 min	-7,5 ± 13,6
	7 H; fisicamente ativos	Potência				7,0			-4,2 ± 6,6
	11 H; fisicamente ativos								1,4 ± 9,6
	10 H; fisicamente ativos								3,9 ± 8,9
Loures et al. (2015)	11 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ?	5,0	CO	1 km/h – 2 laps Hoff circuit [~5 min]	-3,8 ± 4,2
Denadai et al. (2004)	9 H; ciclistas	Ciclismo;	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0-	CO	35 W – 3 min	-2,6 ± 5,9
	10 H; destreinados	Potência				7,0			3,9 ± 8,4

Caritá; Greco; Denadai (2009)	6 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	25 W – 3 min	-0,9 ± 6,9 ^b
Barbosa et al. (2009)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	0,5 W/kg – 3 min	1,0 ± 6,2 ^b
de Souza et al. (2012)	9 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	3,5	CO	1 km/h – 3 min	2,8 ± 7,4
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	3,0 ± 5,6 3,8 ± 4,8 6,8 ± 4,4 12,5 ± 7,1
Denadai; Gomide; Greco (2005)	12 H; jogadores de futebol de elite	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	3,8	CO	1 km/h – 3 min	3,8 ± 6,5
Grossl et al. (2012a)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	5,0	CO	35 W – 3 min	4,5 ± 5,6
Pereira et al. (2002)	8 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ?	?	CO	? – 400 m [~5 min] ? – 200 m [~2,5 min]	11,7 ± 6,4; [3,8 ± 2,1] ^c 16,6 ± 5,4; [5,3 ± 1,8] ^c
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	18,7 ± 11,6
Pelarigo et al. (2018)	10 M; nadadoras de elite	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	7,3	CO	0,05 m/s – 200 m [~3 min]	20,6 ± 11,1; [6,5 ± 3,6] ^c
3 mmol/L									
Mamen; Laparidis; van den Tillaar (2011)	14 H; treinados	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	4,0	CD	1 km/h – 4,5 min	-9,1 ± 6,1
Beneke et al. (2009)	9 H; fisicamente ativos 9 M; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	5,0- 10,0	CO	50 W – 3 min	-3,6 ± 6,6 0,0 ± 8,1

	9 H; crianças/adolescentes							25 W – 2 min	4,3 ± 12,3
	9 M; crianças/adolescentes								4,5 ± 11,6
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	0,0 ± 5,5 1,1 ± 4,8 3,4 ± 4,4 9,1 ± 7,1
Gil-Rey et al. (2019)	75 M; pós-menopausa	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	1 × 120	4,2	CO	0,6 km/h – 2 min	7,0 ± 7,2
Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	15 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,5	CO	0,6 km/h – 2 min	8,3 ± 6,5
Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	15 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,3	CO	1 km/h – 2 min	12,0 ± 6,0
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	13,4 ± 11,7
2,5 mmol/L									
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	-3,4 ± 5,5 -2,3 ± 5,2 -0,8 ± 4,7 4,5 ± 7,3
Gil-Rey et al. (2019)	75 M; pós-menopausa	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	1 × 120	4,2	CO	0,6 km/h – 2 min	0,0 ± 6,3
Almarwaey; Jones; Tolfrey (2004)	9 M; corredoras adolescentes 14 H; corredores adolescentes	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	3 × 30	3,5 3,2	CD	1 km/h – 3 min	2,8 ± 4,6 4,5 ± 6,0
Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	15 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,5	CO	0,6 km/h – 2 min	3,0 ± 8,5
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	4,8 ± 13,3

Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	15 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,3	CO	1 km/h – 2 min	6,0 ± 6,1
2 mmol/L									
Mamen; Laparidis; van den Tillaar (2011)	14 H; treinados	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	4,0	CD	1 km/h – 4,5 min	-18,2 ± 7,9
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	-7,2 ± 5,4 -6,4 ± 5,1 -5,7 ± 5,1 -0,8 ± 7,9
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	-3,1 ± 14,3
Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	15 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,5	CO	0,6 km/h – 2 min	-3,8 ± 5,6
Almarwaey; Jones; Tolfrey (2004)	9 M; corredoras adolescentes 14 H; corredores adolescentes	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	3 × 30	3,5 3,2	CD	1 km/h – 3 min	-1,4 ± 7,5 -0,6 ± 4,3
Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	15 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,3	CO	1 km/h – 2 min	-1,3 ± 6,8

Tangente**IAT- Stegmann**

Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	50 W – 3 min	-4,5 ± 11,0
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	5,0	CO	2 km/h – 3 min	-3,7 ± 5,1
Figueira; Denadai (2004)	9 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3-7	CO	35 W – 3 min	-2,1 ± 11,2
	22 H; saudáveis		30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	50 W – 2 min	-0,8 ± 7,6 ^b

Heck (1991); Heck; Müller; Hollmann (1991)		Ciclismo; Potência						50 W – 3 min 25 W – 2 min	2,3 ± 7,6 ^b 7,6 ± 8,9
Hecksteden et al. (2015)	12 H, 4 M; patinadores de velocidade	Patinação de velocidade; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	3,4	CO	2 km/h – 3 min	-1,0 ± 4,1
Heck; Hess; Mader (1985)	16 H; saudáveis	Corrida; Velocidade	28 (20)	1,0	5 × 30	2,0- 4,0	CO	1,4 km/h – 5 min 1,4 km/h – 3 min	0,7 ± 4,9 1,0 ± 6,8
de Barros et al. (2016)	8 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	5,0- 10,0	CO	15 W – 3 min	22° C: 1,1 ± 9,0 40° C: 4,7 ± 6,1
Płoszczyca et al. (2020)	7 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,7	CD	40 W – 3 min	1,4 ± 2,6
Hauser; Adam; Schulz (2014)	51 H; vários níveis de treinamento	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,5	CO	40 W – 4 min	2,3 ± 12,0
Beneke (1995)	9 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	5 × 30	3,0- 10,0	CO	35 W – 3 min	12,5 ± 5,9
IAT- Simon									
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	50 W – 3 min	-11,6 ± 8,5
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	5 0	CO	2 km/h – 3 min	-6,6 ± 4,5
Jakobsson; Malm (2019)	6 H, 2 M; esquiadores <i>cross-country</i>	Esqui <i>cross-country</i> ; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	3,0	CD	1,4–2,2 km/h – 5 min	-2,3 ± 3,1
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	44,4 ± 7,1

IAT- Keul									
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	50 W – 3 min	-8,6 ± 5,1
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	5,0	CO	2 km/h – 3 min	-2,9 ± 5,1
Heck; Hess; Mader (1985)	16 H; saudáveis	Corrida; Velocidade	28 (20)	1,0	5 × 30	2,0- 4,0	CO	1,4 km/h – 5 min 1,4 km/h – 3 min	-1,4 ± 4,5 4,7 ± 5,8
Heck (1991); Heck; Müller; Hollmann (1991)	22 H; saudáveis	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	30 W – 5 min 25 W – 2 min 50 W – 3 min 50 W – 2 min	4,3 ± 7,6 ^b 10,6 ± 5,7 12,0 ± 7,6 ^b 18,1 ± 7,6 ^b
Heck (1991)	8 M; crianças/adolescentes 10 H; crianças/adolescentes	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	25 W – 2 min	18,4 ± 13,3 24,4 ± 16,4
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	38,5 ± 7,2
IAT- Geiger-Hille									
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	50 W – 3 min	-3,9 ± 8,4
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	5,0	CO	2 km/h – 3 min	2,9 ± 4,9
IAT- Bunc									
Heck; Hess; Mader (1985)	16 H; saudáveis	Corrida; Velocidade	28 (20)	1,0	5 × 30	2,4	CO	1,4 km/h – 5 min 1,4 km/h – 3 min	3,4 ± 4,6 7,8 ± 3,9
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	50 W – 3 min	4,3 ± 8,7

Arratibel-Imaz (2023)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	5,0	CO	2 km/h – 3 min	4,4 ± 8,4
Heck (1991); Heck; Müller; Hollmann (1991)	22 H; saudáveis	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	30 W – 5 min 50 W – 3 min 25 W – 2 min 50 W – 2 min	23,7 ± 7,6 ^b 35,9 ± 7,6 ^b 36,3 ± 13,4 39,9 ± 7,6 ^b
Heck (1991)	8 M; crianças/adolescentes 10 H; crianças/adolescentes	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	25 W – 2 min	51,2 ± 14,4 53,6 ± 13,3

**Primeiro aumento +
LME + 1,5 mmol/L**

Hauser; Adam; Schulz (2014)	57 H; vários níveis de treinamento	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,5	CO	40 W – 4 min	-16,7 ± 15,0
Smekal et al. (2002)	17 H, 17 F; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	0,6 W/kg – 3 min	-10,9 ± 18,3
Gil-Rey et al. (2019)	75 F; pós-menopausa	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	1 × 120	4,2	CO	0,6 km/h – 2 min	-2,8 ± 6,2
Grossl et al. (2012a)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	5,0	CO	35 W – 3 min	0,4 ± 4,8
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	50 W – 3 min	<i>Software</i> TKM: 0,6 ± 6,5 <i>Software</i> Wlac: 0,8 ± 6,0

de Souza et al. (2012)	9 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	3,5	CO	1 km/h – 3 min	0,7 ± 4,3
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	5,0	CO	2 km/h – 3 min	<i>Software</i> TKM: 2,9 ± 4,9 <i>Software</i> Wlac: 5,1 ± 4,3
Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	15 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,5	CO	0,6 km/h – 2 min	3,8 ± 5,0
Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	15 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,3	CO	1 km/h – 2 min	6,0 ± 5,1
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	17,6 ± 6,0
LME + 1 mmol/L									
Gil-Rey et al. (2019)	75 M; pós-menopausa	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	1 × 120	4,2	CO	0,6 km/h – 2 min	-8,5 ± 6,4
Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	15 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,5	CO	0,6 km/h – 2 min	-2,3 ± 4,3
Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	15 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,3	CO	1 km/h – 2 min	0,7 ± 4,1
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	11,8 ± 6,4
Baseline + 0,5 mmol/L									
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	-14,8 ± 8,7 -13,6 ± 8,9 -13,3 ± 9,2 -11,0 ± 10,5

Gil-Rey et al. (2019)	75 M; pós-menopausa	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	1 × 120	4,2	CO	0,6 km/h – 2 min	-12,7 ± 9,4
Cerezuela-Espejo et al. (2018)	22 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0	3,7	CD	1 km/h – 1 min ([La ⁻]] 2 min)	-5,2 ± 10,4
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	-4,3 ± 19,9
Pallarés et al. (2016)	14 H; ciclistas treinados	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,0	CO	25 W – 1 min ([La ⁻] 2 min)	2,0 ± 9,1
Baseline + 1 mmol/L									
Mamen; Laparidis; van den Tillaar (2011)	14 H; treinados	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	4,0	CD	1 km/h – 4,5 min	-11,2 ± 7,3
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	-11,0 ± 6,3 -10,6 ± 5,5 -9,5 ± 6,0 -3,4 ± 7,2
Gil-Rey et al. (2019)	75 M; pós-menopausa	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	1 × 120	4,2	CO	0,6 km/h – 2 min	-5,6 ± 7,7
Płoszczyca et al. (2020)	12 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,7	CD	40 W – 3 min	-2,2 ± 5,8
Cerezuela-Espejo et al. (2018)	22 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0	3,7	CD	1 km/h – 1 min ([La ⁻]] 2 min)	1,5 ± 8,9
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	3,7 ± 14,1
Pallarés et al. (2016)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,0	CO	25 W – 1 min ([La ⁻] 2 min)	6,7 ± 8,6
Baseline + 1,5 mmol/L									
Mamen; Laparidis; van den Tillaar (2011)	14 H; trained	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	4,0	CD	1 km/h – 4,5 min	-6,1 ± 8,2

Jamnack et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	-6,1 ± 5,9 -5,3 ± 5,1 -3,8 ± 5,3 2,3 ± 6,8
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	50 W – 3 min	-2,2 ± 7,6
Gil-Rey et al. (2019)	75 M; pós-menopausa	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	1 × 120	4,2	CO	0,6 km/h – 2 min	-1,4 ± 6,4
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	5,0	CO	2 km/h – 3 min	2,9 ± 4,9
Cerezuela-Espejo et al. (2018)	22 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0	3,7	CD	1 km/h – 1 min ([La ⁻]] 2 min)	5,9 ± 8,9
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	12,3 ± 8,4
Pallarés et al. (2016)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,0	CO	25 W – 1 min ([La ⁻] 2 min)	12,9 ± 8,6
Baseline + 2 mmol/L									
Mamen; Laparidis; van den Tillaar (2011)	14 H; trained	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	4,0	CD	1 km/h – 4,5 min	1,5 ± 9,4
Cerezuela-Espejo et al. (2018)	22 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0	3,7	CD	1 km/h – 1 min ([La ⁻]] 2 min)	9,6 ± 10,4
Pallarés et al. (2016)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,0	CO	25 W – 1 min ([La ⁻] 2 min)	17,6 ± 8,5
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	18,7 ± 6,8
Baseline + 2,5 mmol/L									
Cerezuela-Espejo et al. (2018)	22 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0	3,7	CD	1 km/h – 1 min ([La ⁻] 2 min)	13,3 ± 8,1

Pallarés et al. (2016)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,0	CO	25 W – 1 min ([La] 2 min)	22,0 ± 8,5
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	23,5 ± 5,9
Baseline + 3 mmol/L									
Cerezuela-Espejo et al. (2018)	22 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0	3,7	CD	1 km/h – 1 min ([La] 2 min)	17,0 ± 8,9
Pallarés et al. (2016)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,0	CO	25 W – 1 min ([La] 2 min)	25,5 ± 8,3
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	28,3 ± 10,1
Delta Lactato									
IAT- Baldari-Guidetti									
Grossl et al. (2012a)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	5,0	CO	35 W – 3 min	-6,9 ± 7,2
de Souza et al. (2012)	9 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	3,5	CO	1 km/h – 3 min	-2,1 ± 9,7
Δ 1 mmol/L									
Mamen; Lapidis; van den Tillaar (2011)	9 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CD	30 W – 5 min	-7,2 ± 4,2
Snyder; Parmenter (2009)	12 H/M; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × ?	6,0	CD	~0,8 km/h – 6 min	-2,1 ± 5,4
Δ 2 mmol/L									
Harp (2017)	7 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	CD	30 W – 3 min	-3,6 ± 6,4

Máxima distância

Poli-Dmax

Nikitakis; Toubekis (2021)	8 M; nadadores crianças	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 45	6,0 [2,0]	CD	5% – 200 m [~3,5 min]	-18,8 ± 13,1 [-6,3 ± 4,4] ^c
	8 M; nadadores adolescentes							5% – 200 m [~3 min]	2,6 ± 7,2 [0,9 ± 2,4] ^c
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	-18,2 ± 4,9 -15,5 ± 4,8 -12,1 ± 3,7 -6,8 ± 5,1
Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	15 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,5	CO	0,6 km/h – 2 min	-13,6 ± 6,5
Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	15 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,3	CO	1 km/h – 2 min	-12,0 ± 6,2
Zwingmann et al. (2019)	15 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,5	CO	20 W – 3 min	-10,9 ± 9,4
	18 M, corredores	Corrida; Velocidade			5 × ?	2,7		1,4 km/h – 5 min	-6,9 ± 6,0
Caen et al. (2022)	13 H, 6 M; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,4	CD	H: 40 W, M: 30 W – 3 min	-9,8 ± 6,7
Van Schuylenberg et al. (2004)	21 H; elite ciclistas	Ciclismo;	30 (20)	1,0	0 × 0	?	CO	0,6 W/kg – 6 min	-7,4 ± 4,9
	11 H; elite ciclistas	Potência						0,05 W/kg – 30 s ([La] 3 min)	-1,6 ± 10,7
Czuba et al. (2009)	10 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	7,0	?C	40 W – 3 min	-2,3 ± 2,5
	10 M; ciclistas	Ciclismo; Potência				8,0		30 W – 3 min	-1,5 ± 4,3

Ploszczyca et al. (2020)	12 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,7	CD	40 W – 3 min	-0,5 ± 1,3
Espada; Pessoa Filho; Alves (2017)	12 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	? × ?	?	?	? – 250 m [~3,5 min]	0,0 ± 5,5; [0,0 ± 1,8] ^c
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	50 W – 3 min	0,8 ± 6,2
Pallarés et al. (2016)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,0	CO	25 W – 1 min ([La ⁻ 2 min])	0,8 ± 14,9
de Souza et al. (2012)	9 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	3,5		1 km/h – 3 min	2,1 ± 5,1
Cerezuela-Espejo et al. (2018)	22 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0	3,7	CD	1 km/h – 1 min ([La ⁻] 2 min)	4,4 ± 5,9
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30	5,0	CO	2 km/h – 3 min	5,9 ± 6,8
Espada et al. (2021)	14 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	~5 × 30	7,1	CD	5% – 200 m [~2,6 min]	9,1 ± 6,2 [2,9 ± 2,0] ^c
Oliveira et al. (2012)	13 H; nadadores/triatletas	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	5,9	CO	3% – 200 m [~3 min]	13,9 ± 9,3; [4,4 ± 3,0] ^c
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	21,4 ± 5,1
Exp-Dmax									
Jamnack et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	-13,6 ± 5,1 -11,4 ± 4,3 -8,0 ± 3,7 -3,0 ± 5,1
FR0,4-Poli-Dmod									
Jamnack et al. (2018)	17 H; ciclistas		30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min	-6,4 ± 5,8

Płoszczyca et al. (2020)	12 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,7	CD	40 W – 3 min	[2,3 ± 2,3] ^c 10,6 ± 6,2
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	32,1 ± 10,7
Log-Poli-Dmod									
Jamnack et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	-6,1 ± 6,0 -3,4 ± 4,2 0,4 ± 4,5 6,1 ± 5,4
LME-Poli-Dmod									
Zwingmann et al. (2019)	15 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,5	CO	20 W – 3 min	-3,1 ± 9,6
	18 H; corredores	Corrida; Velocidade			5 × ?	2,7		1,4 km/h – 5 min	-2,9 ± 4,6
FR4%-Poli-Dmod									
Zwingmann et al. (2019)	18 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ?	2,7	CO	1,4 km/h – 5 min	-3,2 ± 5,5
	15 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência			0 × 0	4,5		20 W – 3 min	-0,9 ± 9,4
FRS-Poli-Dmod									
Zwingmann et al. (2019)	18 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ?	2,7	CO	1,4 km/h – 5 min	-2,1 ± 4,7
	15 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência			0 × 0	4,5		20 W – 3 min	0,9 ± 9,1
LL0,2-Poli-Dmod									

Nikitakis; Toubekis (2021)	8 H; nadadores crianças	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 45	6,0 [2,0]	CD	5% – 200 m [~3,5 min]	-2,8 ± 14,7 [-0,9 ± 4,9] ^c
	8 H; nadadores adolescentes							5% – 200 m [~3 min]	8,2 ± 8,6 [2,7 ± 2,9] ^c
Log-Exp-Dmod									
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,0	V	29 W – 10 min	-4,2 ± 5,6
								29 W – 7 min	-1,5 ± 4,2
								30 W – 4 min	2,7 ± 3,9
								31 W – 3 min	8,3 ± 5,4

LL₂**Bissegmentado**

Nikitakis; Toubekis (2021)	8 H; nadadores crianças	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 45	6,0 [2,0]	CD	5% – 200 m [~3,5 min]	-12,6 ± 15,0; [-4,4 ± 4,8] ^c -12,1 ± 11,9; [-4,2 ± 3,8] ^c -20,1 ± 16,5; [-7,2 ± 5,2] ^c
	8 H; nadadores adolescentes							5% – 200 m [~3 min]	2,8 ± 6,2; [0,9 ± 2,0] ^c 2,6 ± 7,2; [0,9 ± 2,3] ^c -8,2 ± 9,8; [-2,8 ± 3,2] ^c

Fernandes et al. (2011)	17 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	7,1	CO	0,05 m/s – 400 m [~6 min] 0,05 m/s – 300 m [~4,5 min] 0,05 m/s – 200 m [~3 min]	-5,4 ± 32,0; [-1,8 ± 9,7] ^c 0,0 ± 32,0; [0,0 ± 9,7] ^c 2,8 ± 33,0; [0,9 ± 10,0] ^c
Messias (2008)	10 H; fisicamente ativos 10 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	5,0	CO	25 W – 3 min	0,0 ± 12,9 8,0 ± 13,2
Pelarigo et al. (2018)	10 M; nadadoras de elite	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	7,3	CO	0,05 m/s – 200 m [~3 min]	0,0 ± 12,5; [0,0 ± 4,0] ^c
Pessoa Filho; Greco; Denadai (2014)	10 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × ?	?	CO	~0,4 m/s – 300 m [~3 min]	5,2 ± 13,7; [1,7 ± 4,4] ^c
Tri-segmentado									
Haverty; Kenney; Hodgson (1988)	11 H; corredores	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,2	0 × 0	?	CD	1,0 km/h – 2 min	-8,3 ± 12,1
Jones; Doust (1998)	8 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 30	3,0	CD	0,5 km/h – 3 min	-0,7 ± 4,2
Smith; Jones (2001)	8 H; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 15	3,6	CD	1 km/h – 4 min	-0,7 ± 8,4
Kilding; Jones (2005)	8 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 30	?	CD	1 km/h – 3 min	0,0 ± 3,3
Dotan et al. (2011)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ?	4,5	CD	0,6 km/h – 5 min	0,0 ± 3,1
Caen et al. (2022)	13 M, 6 M; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,4	CD	M: 40 W, F: 30 W – 3 min	0,9 ± 5,3
Wonisch et al. (2002)	10 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	9,2	?	20 W – 1 min	β - adrenocepto

									<i>r blockers:</i> 5,6 ± 3,7 ^b <i>Placebo:</i> 7,3 ± 4,2 ^b
Dragonea et al. (2019)	12 H; jogadores de basquete	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ?	5,0	CD	1 km/h – 3 min	5,8 ± 5,9
Smekal et al. (2012)	42 H, 20 M; saudáveis	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	3,5	CO	0,2 W/kg – 1 min	6,0 ± 11,2
Ribeiro et al. (2004)	10 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 45	7,8	CO	0,05 m/s – 200 m [~2,6 min]	10,1 ± 15,8; [3,3 ± 5,0] ^c
Smekal et al. (2002)	17 H, 17 M; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,0	CO	0,2 W/kg – 1 min	10,9 ± 12,0

LL reverso

Keller; Manunzio; Wahl (2022)	9 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (10) 30 (15) 30 (20)	1,0	5 × 30	3,5 [1,2]	CO	↑ 0,03 m/s – 3 min, ↓ 0,03 m/s – 3 min	-1,6 ± 4,6; [-0,5 ± 1,5] ^c 6,4 ± 4,9; [2,1 ± 1,6] ^c 12,3 ± 5,5; [4,1 ± 1,8] ^c
Dotan (2012)	3 H, 1 M; remadores, ciclista e corredor	Ciclismo/Remo; Potência Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	? × ?	?	CD	↑ 30 W – ? min, ↓ 10 W – ? min; ↑ 1,3 km/h – ? min, ↓ 0,3 km/h – ? min ^d	0,2 ± 0,6
Wahl et al. (2017)	12 H, 4 M; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 30	2,5	CO	↑ 1,4 km/h – 3 min, ↓ 0,4 km/h – 3 min ^d	1,6 ± 1,3

Wahl et al. (2021)	19 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,5	CO	↑ 20 W – 1 min, ↓ 10 W – 1,5 min ^d	2,2 ± 3,9
Keller; Manunzio; Wahl (2022)	8 F; nadadoras	Natação; Velocidade	30 (10)	1,0	5 × 30	3,8 [1,3]	CO	↑ 0,03 m/s – 3 min, ↓ 0,03 m/s – 3 min	2,8 ± 5,4; [0,9 ± 1,8] ^c
			30 (15)						6,0 ± 5,5; [2,0 ± 1,8] ^c
			30 (20)						7,9 ± 6,8; [2,6 ± 2,3] ^c

Primeiro aumento
LL_{0,2}

Gil-Rey et al. (2019)	75 F; pós-menopausa	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	1 × 120	4,2	CO	0,6 km/h – 2 min	-28,2 ± 9,7
Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	15 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,5	CO	0,6 km/h – 2 min	-18,9 ± 7,7
Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	15 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,3	CO	1 km/h – 2 min	-16,7 ± 6,5

LL₁

Greco et al. (2012)	7 H; fisicamente ativos 7 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	5,0	CO	35 W – 3 min	-48,2 ± 21,4 -21,2 ± 11,4
Philp (2009)	8 H; fisicamente ativos 8 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	5,0	CD	20 W – 4 min	-39,3 ± 5,2 ^b -37,6 ± 5,7 ^b
Barbosa et al. (2011)	9 H; ciclistas 10 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	7 × 120	5,0	CO	25 W – 3 min	-31,1 ± 6,7 ^b -30,8 ± 5,8 ^b
Pringle; Jones (2002)	7 M, 1 F; atletas/fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	8,5	CD	25 W – 1 min	-30,6 ± 17,4

Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	15 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,5		0,6 km/h – 2 min	-25,0 ± 9,4
Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	15 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,3	CO	1 km/h – 2 min	-22,0 ± 6,6
Philp et al. (2008)	12 M, 2 F; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 15	4,0	CD	1 km/h – 3 min	<i>Pré</i> <i>treinamento:</i> -19,2 ± 4,8 <i>Pós</i> <i>treinamento:</i> -18,3 ± 5,1
Smith; Jones (2001)	8 H; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 15	3,6	CD	1 km/h – 4 min	-15,8 ± 3,8
Pallarés et al. (2016)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	6,0	CO	25 W – 1 min ([La ⁻] 2 min)	-16,1 ± 8,8
Cerezuela-Espejo et al. (2018)	22 H; corredores/triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0	3,7	CD	1 km/h – 1 min ([La ⁻] 2 min)	-13,3 ± 9,6
Greco et al. (2013)	12 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0 [1,7]	CO	3% – 200 m [~3 min]	-15,0 ± 6,9; [-5,3 ± 2,2] ^c
Loures et al. (2015)	11 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ?	5,0	CO	1 km/h – 2 laps Hoff circuit [~5 min]	-10,4 ± 11,1
Carter et al. (1999a)	4 M, 4 F; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ~15	7,0	CD	1 km/h – 4 min	<i>Pré</i> <i>treinamento:</i> -10,5 ± 4,2 <i>Pós</i> <i>treinamento:</i> -9,4 ± 3,8

Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	-5,3 ± 9,2
LME									
Zwingmann et al. (2019)	15 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,5	CO	20 W – 3 min	-33,2 ± 12,2
	18 M, corredores	Corrida; Velocidade			5 × ?	2,7		1,4 km/h – 5 min	-27,6 ± 6,1
Gil-Rey et al. (2019)	75 F; pós-menopausa	Corrida; Velocidade	20 (10)	0,5	1 × 120	4,2	CO	0,6 km/h – 2 min	-32,4 ± 8,5
Niemeyer et al. (2022)	21 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,4	CO	30 W – 3 min	-30,5 ± 9,2 ^b -29,9 ± 9,2 ^b
Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	15 H; jogadores de futebol	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,5	CO	0,6 km/h – 2 min	-23,5 ± 4,3
Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	15 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60	1,3	CO	1 km/h – 2 min	-22,7 ± 3,3
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1 × 30	5,0	CO	30 W – 3 min	-12,3 ± 6,7
FR0,4 mmol/L									
Zwingmann et al. (2019)	15 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0	4,5	CO	20 W – 3 min	-24,5 ± 11,3
	18 M, corredores	Corrida; Velocidade			5 × ?	2,7		1,4 km/h – 5 min	-23,9 ± 6,9
Bourdon; Woolford; Buckley (2018)	9 H, 12 M; remadores de elite	Remo; Potência	30 (20)	1,0	2 × 30	?	CD	~30 W – 10 min ~30 W – 7 min ~30 W – 5 min ~30 W – 4 min ~30 W – 3 min	-22,2 ± 11,6 ^b -19,8 ± 11,7 ^b -20,3 ± 11,6 ^b -16,5 ± 11,9 ^b -16,5 ± 12,2 ^b
Keller; Manunzio; Wahl	12 H; nadadores	Natação;	30 (10)	1,0	5 × 30	3,5	CO	0,03 m/s – 3 min	-13,1 ± 8,2;

			30 (20)						$[-4,2 \pm 2,5]^c$ $-11,8 \pm 7,5$; $[-4,0 \pm 2,5]^c$
FR4%									
Zwingmann et al. (2019)	15 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0×0	4,5	CO	20 W – 3 min	$-28,4 \pm 11,4$
	18 M; corredores	Corrida; Velocidade			$5 \times ?$	2,7		1,4 km/h – 5 min	$-26,3 \pm 5,8$
Log-Log									
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0×0	4,0	CO	50 W – 3 min	$-34,1 \pm 13,7$
Jamnick et al. (2018)	17 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0×0	3,0	V	29 W – 10 min 29 W – 7 min 30 W – 4 min 31 W – 3 min	$-25,8 \pm 10,1$ $-24,2 \pm 7,6$ $-23,5 \pm 7,6$ $-20,1 \pm 8,9$
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4×30	5,0	CO	2 km/h – 3 min	$-16,2 \pm 8,3$
Espada et al. (2021)	14 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	$\sim 5 \times 30$?	CD	5% – 200 m [~2,6 min]	$-4,3 \pm 6,4$; $[-1,5 \pm 2,1]^c$
Possamai et al. (2022)	14 H; remadores	Remo; Potência	30 (20)	1,0	1×30	5,0	CO	30 W – 3 min	$3,7 \pm 7,9$

Fonte: Elaborada pelo autor.

- a Os dados são apresentados como diferença média ($\hat{\mu}_{LL-MFEL}$) \pm desvio padrão das diferenças ($\hat{\sigma}_{LL-MFEL}$) em porcentagem em relação à MFEL equivalente à medida de potência, os dados dentro de colchetes [$\hat{\mu}_{LL-MFEL} \pm \hat{\sigma}_{LL-MFEL}$] são as porcentagens equivalentes à velocidade (veja a seção para [Conversão da velocidade para potência](#) detalhes)
- b $\hat{\sigma}_{MFEL-LL}$ imputado, logo, não foi utilizado nas meta-regressões do $\sigma_{LL-MFEL}$

c $\mu/\sigma \%_{potência} = (\mu/\sigma \%_{velocidade}) \times 3$; *por meio de Potência = $k(velocidade)^x$* ; onde k e x são constantes da natação (veja a seção para [Conversão da velocidade para potência](#) detalhes)

Consulte a [Tabela 1](#) para detalhes sobre cada método de limiar de lactato

Abreviações: Carga \pm = variação de carga de trabalho entre os testes da MFEL como porcentagem da MFEL equivalente à medida de potência e apresentado entre colchetes para a medição de intensidade (velocidade ou inclinação, dependendo do estudo); CD = sangue capilar coletado no dedo; CO = sangue capilar coletado na orelha; H = homens; M = mulheres; MFEL = máxima fase estável de lactato sanguíneo; min = minutos; n = tamanho da amostra; n° = número; TI = teste incremental; V = sangue venoso; W = watts; $\Delta[La]$ intervalo = intervalo de tempo do critério de delta na concentração de lactato (por exemplo, 20 = 1 mmol·L⁻¹ entre o 10° e o 30° min); $\Delta[La]$ = critério de delta na concentração de lactato no sangue (por exemplo, = 1 mmol·L⁻¹); ? = incerto; ~ = aproximadamente

4.3.3 Qualidade dos estudos

Quarenta e oito por cento (número de estudos $[k] = 38$) dos estudos incluídos nesta revisão relataram a estabilidade dos participantes e das condições dos testes e 51% ($k = 40$) receberam uma avaliação parcial, um estudo não reportou as condições. Em 95% ($k = 74$) dos estudos os detalhes dos participantes foram adequadamente relatados, em 1% os detalhes não foram relatados ($k = 1$) e em 4% ($k = 3$) receberam uma pontuação parcial pois relataram apenas parte dos detalhes dos participantes. Para critérios de inclusão e exclusão, 80% ($k = 62$) dos estudos não declararam os critérios, 10% ($k = 8$) forneceram os critérios de inclusão e exclusão e 10% ($k = 8$) relataram o critério de inclusão ou de exclusão (pontuação parcial). Quanto ao tamanho da amostra, 3% estudos utilizaram amostras classificadas como adequadas ($k = 3$), 5% amostras moderadas ($k = 4$) e 92% amostras pequenas ($k = 72$). A Tabela 4 apresenta os resultados da avaliação da qualidade dos estudos.

Tabela 4 – Avaliação da qualidade metodológica dos estudos.

Referência	Tamanho da amostra	Crítérios de inclusão/exclusão	Detalhes dos participantes	Estabilidade das condições
Almarwaey et al. (2004)	25	Não reportado	Sim	Parcial
Arratibel-Imaz (2013)	16	Sim	Sim	Sim
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16	Sim	Sim	Parcial
Barbosa et al. (2009)	14	Não reportado	Sim	Sim
Barbosa et al. (2011)	19	Não reportado	Sim	Sim
Beneke (1995)	9	Não reportado	Sim	NR
Beneke et al. (2009)	18	Não reportado	Sim	Sim
Bourdon; Woolford; Buckley (2018)	21	Não reportado	Sim	Sim
Caen et al. (2021)	19	Parcial	Sim	Sim
Caritá et al. (2009)	6	Não reportado	Sim	Sim
Carter et al. (1999)	8	Não reportado	Sim	Sim
Cerezuela et al. (2018)	22	Não reportado	Sim	Sim
Coelho et al. (2015)	22	Não reportado	Sim	Parcial
Czuba et al. (2009)	20	Não reportado	Sim	Parcial
de Barros et al. (2012)	8	Parcial	Sim	Sim
de Barros et al. (2016)	8	Não reportado	Sim	Sim
de Souza et al. (2012)	9	Não reportado	Sim	Sim
Denadai et al. (2004)	19	Não reportado	Sim	Parcial
Denadai et al. (2005)	12	Não reportado	Sim	Parcial
Dotan (2012)	3	Não reportado	Sim	Parcial
Dotan et al. (2011)	16	Não reportado	Sim	Sim
Dragonea et al. (2019)	12	Não reportado	Sim	Sim
Espada et al. (2017)	12	Não reportado	Parcial	Parcial
Espada et al. (2021)	14	Sim	Sim	Sim
Fernandes et al. (2011)	17	Não reportado	Parcial	Parcial
Figueira; Denadai (2004)	9	Não reportado	Sim	Parcial
Figueira et al. (2008)	11	Não reportado	Sim	Parcial
Garcia-Tabar; Gorostiaga (2018)	13	Sim	Sim	Sim
Garcia-Tabar; Rampinini; Gorostiaga (2019)	21	Parcial	Sim	Sim
Gil-Rey et al. (2019)	75	Sim	Parcial	Sim
Greco et al. (2012)	14	Não reportado	Sim	Sim
Greco et al. (2013)	12	Não reportado	Sim	Parcial

Grossl et al. (2012a)	14	Não reportado	Sim	Parcial
Harp (2017)	7	Sim	Sim	Parcial
Hauser; Adam; Schulz (2014)	57	Não reportado	Sim	Parcial
Haverty et al. (1988)	11	Não reportado	Sim	Parcial
Heck (1991)	39	Não reportado	Sim	Parcial
Heck; Müller; Hollmann (1991)		Não reportado	Sim	Parcial
Heck; Hess; Mader (1985)	16	Não reportado	Sim	Parcial
Hecksteden et al. (2015)	16	Não reportado	Sim	Sim
Jakobsson; Malm (2019)	8	Não reportado	Sim	Sim
Jamnack et al. (2018)	17	Não reportado	Sim	Sim
Jones; Doust (1998)	13	Parcial	Sim	Parcial
Keller; Manunzio; Wahl (2022)	23	Não reportado	Sim	Sim
Kilding; Jones (2005)	8	Não reportado	Sim	Parcial
Klusiewicz (2005)	19	Não reportado	Sim	Parcial
Li et al. (2014)	8	Não reportado	Sim	Parcial
Loures et al. (2015)	16	Não reportado	Sim	Parcial
Mamen; van den Tillaar (2009)	9	Não reportado	Sim	Parcial
Mamen; Lapidis; van den Tillaar (2011)	14	Não reportado	Sim	Parcial
Messias (2018)	20	Sim	Sim	Sim
Niemeyer et al. (2022)	21	Não reportado	Sim	Sim
Nikitakis; Toubekis (2021)	16	Não reportado	Sim	Sim
Oliveira et al. (2012)	13	Não reportado	Sim	Sim
Pallarés et al. (2016)	14	Não reportado	Sim	Sim
Pelarigo et al. (2018)	10	Não reportado	Sim	Sim
Pereira et al. (2002)	8	Não reportado	NR	Parcial
Pessôa Filho; Greco; Denadai (2014)	10	Não reportado	Sim	Parcial
Philp (2009)	16	Não reportado	Sim	Parcial
Philp et al. (2008)	14	Não reportado	Sim	Parcial
Pilotto et al. (2019)	11	Não reportado	Sim	Sim
Płoszczyca et al. (2020)	12	Não reportado	Sim	Parcial
Possamai et al. (2022)	14	Não reportado	Sim	Sim
Pringle; Jones (2002)	8	Não reportado	Sim	Parcial
Ribeiro et al. (2004)	10	Não reportado	Sim	Parcial
Ruas et al. (2006)	28	Não reportado	Sim	Parcial
Smekal et al. (2002)	34	Não reportado	Sim	Parcial

Smekal et al. (2012)	62	Não reportado	Sim	Parcial
Smith and Jones (2001)	8	Não reportado	Sim	Parcial
Snyder et al. (1994)	21	Não reportado	Sim	Parcial
Snyder; Parmenter (2009)	12	Parcial	Sim	Sim
Tolfrey et al. (2009)	12	Não reportado	Sim	Sim
van Schuylenberg et al. (2004)	21	Não reportado	Sim	Sim
Vobejda et al. (2006)	31	Sim	Sim	Sim
Wahl et al. (2017)	19	Parcial	Sim	Parcial
Whal et al. (2018)	18	Parcial	Sim	Sim
Whal et al. (2021)	16	Parcial	Sim	Sim
Wonisch et al. (2002)	10	Não reportado	Parcial	Parcial
Zwigmann et al. (2019)	33	Parcial	Sim	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para detalhes de cada critério consulte o [Quadro 9](#).

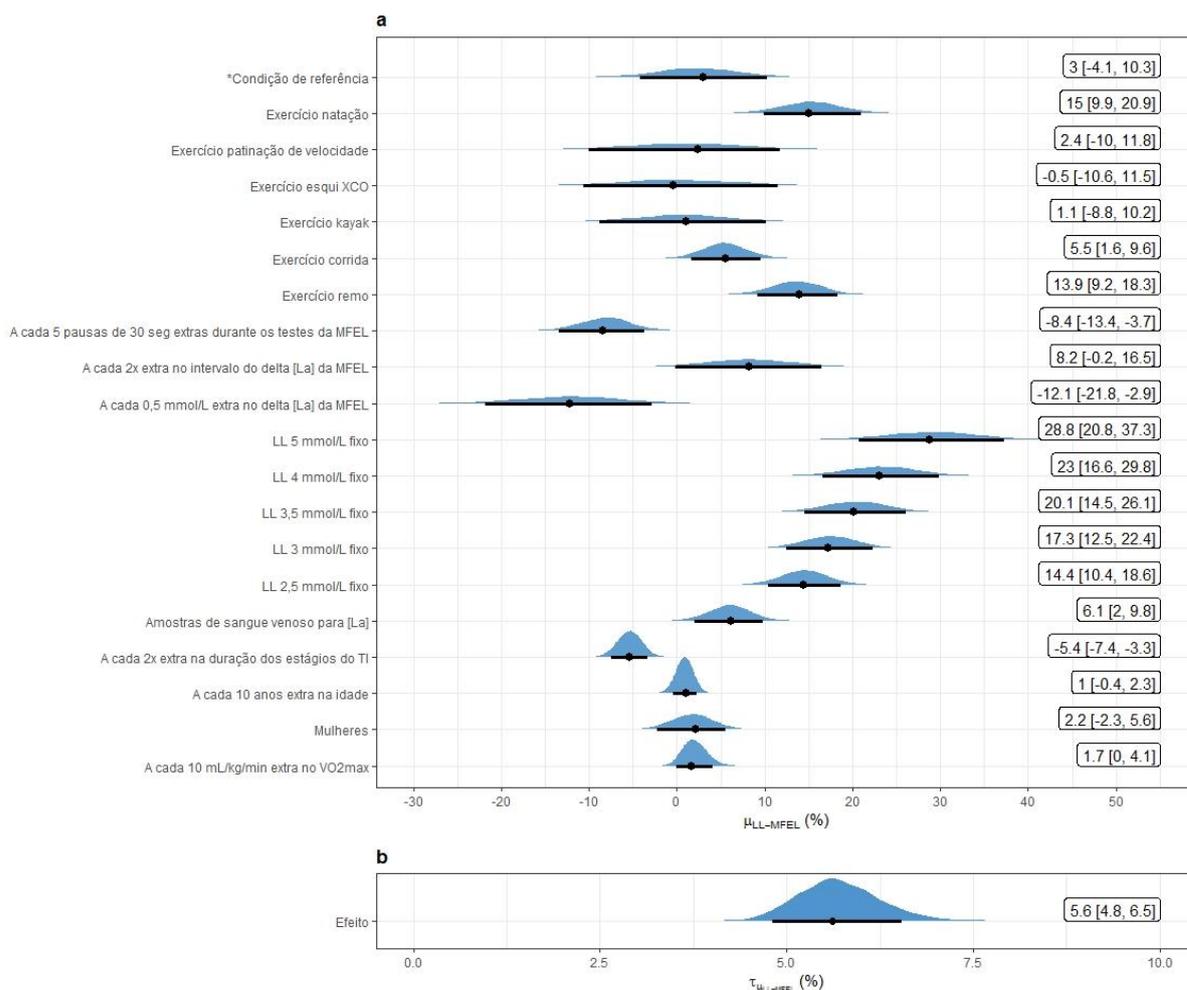
4.3.4 Meta-regressões

4.3.4.1 Diferença média

Concentrações fixas de lactato

A partir de 114 tamanhos de efeito, a Figura 16 mostra a condição de referência (ou seja, uma interceptação ajustada para o valor mais baixo de covariáveis contínuas observadas nos estudos incluídos, LL fixo em 2 mmol/L, exercício de ciclismo, amostras de sangue capilar para determinação das [La] e uma 100% homens na amostra) e os efeitos modificadores em relação a essa condição de referência, além da heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para a diferença média entre MFEL e LL ($\mu_{LL-MFEL}$). Os preditores inseridos na meta-regressão explicaram 47% [90% ICr, 23% a 66%] (ou seja, Pseudo-R²) da heterogeneidade entre os efeitos.

Figura 16 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL de concentrações fixas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, a MFEL com uma duração de teste de 20 min sem pausas, o delta [La] da MFEL de 0,5 mmol/L entre o 10º e 20º min, LL pelo método fixo de 2 mmol/L, o teste incremental com estágios de 1 min, o $\dot{V}O_2$ max dos sujeitos de 47,0 mL/kg/min, a idade de 10 anos e a amostra com 100% homens.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores.

Abreviações: LL = limiar de lactato; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2$ max = consumo máximo de oxigênio; [La] = concentração de lactato no sangue; $\mu_{LL-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o LL; $\tau_{\mu_{LL-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito diferença média entre a MFEL e o LL

Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 16, a $\mu_{LL-MFEL}$ foi claramente maior (ou seja, quase a totalidade da distribuição posterior está fora da ROPE) no remo e na natação em comparação a todos os outros modos de exercício (pROPE $\mu = \leq 1/\leq 5/\geq 92\%$). A $\mu_{LL-MFEL}$ na corrida tendeu a ser maior que no ciclismo (pROPE $\mu = 0/15/85\%$). Não houve diferenças claras (ou seja, a distribuição posterior ficou dentro das três regiões da ROPE) em $\mu_{LL-MFEL}$ entre ciclismo e caiaque (pROPE $\mu = 25/41/34\%$), ciclismo e esqui XCO (pROPE $\mu = 32/34/34\%$), corrida e caiaque (pROPE $\mu = 7/30/63\%$), corrida e esqui XCO (pROPE $\mu = 10/26/64\%$), corrida e patinação de velocidade (pROPE $\mu = 12/31/57\%$), remo e natação (pROPE $\mu = 36/54/10\%$), canoagem e esqui XCO (pROPE $\mu = 33/30/37\%$), caiaque e patinação de velocidade (pROPE $\mu = 37/30/33\%$) e esqui e patinação de velocidade (pROPE $\mu = 41/28/31\%$). A diferença entre amostras completas de homens e mulheres foi claramente trivial (pROPE $\mu = 2/68/30\%$). Para o local de aquisição das amostras de [La], as de origem venosa apresentaram uma $\mu_{LL-MFEL}$ claramente maior que das amostras capilares (pROPE $\mu = 0/10/90\%$). A idade e o $\dot{V}O_2\max$ dos sujeitos influenciaram de forma pequena a $\mu_{LL-MFEL}$, já o tempo dos estágios do TI apresentaram efeitos importantes, onde a cada vez que o tempo dos estágios é dobrado a $\mu_{LL-MFEL}$ diminui -5,4% [90% ICr, -7,4% a -3,3%].

Para prever a $\mu_{LL-MFEL}$ em futuros estudos entre um dos métodos de LL fixos e a MFEL a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL}(\%) = & -33,57 + (Caiaque \times 0,81) + (Remo \times 13,61) + \\ & (Corrida \times 5,49) + (Esqui \times 0,22) + (Patinção\ de\ velocidade \times 1,30) + \\ & (Natação \times 15,29) + (MFEL\ pausas:MFEL\ duração\ das\ pausas \times -0,05) + \\ & (MFEL \Delta [La] \times -24,37) + (\log_2[MFEL \Delta [La] \ intervalo] \times 8,37) + \\ & (LL\ concentração\ fixa \times 5,82) + (Amostra\ de\ sangue\ venoso \times 6,05) + \\ & (\log_2[duração\ dos\ estágios\ TI] \times -5,34) + (Idade \times 0,09) + \\ & (Proporção\ de\ mulheres \times 1,80) + (\dot{V}O_2\max \times 0,21) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 103})$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, as amostras de sangue capilar e as demais covariáveis são contínuas. Note que *MFEL pausas:MFEL duração das pausas* é uma interação de duas variáveis contínuas, portanto ambas devem ser multiplicadas pela constante $\beta -0,05$, e.g., 5 pausas de 30 seg cada: $-0,05 \times 5 \times 30 = -7,5$.

Limiars de lactato determinado pelos métodos de tangente

A partir de 32 tamanhos de efeito, a Figura 17 mostra a condição de referência (ou seja, uma interceptação ajustada para o valor mais baixo de covariáveis contínuas observadas nos estudos incluídos, LL pelo método IAT – Berg, exercício de ciclismo e 100% homens na amostra) e os efeitos modificadores em relação a essa condição de referência, além da heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para a diferença média entre MFEL e LL ($\mu_{LL-MFEL}$). O Pseudo-R² foi de 80% [90% ICr, 54% a 90%].

Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 17, $\mu_{LL-MFEL}$ foi claramente maior em todas as outras modalidades em relação ao ciclismo (pROPE μ = $\leq 2/\leq 2/\geq 96\%$). O remo também foi maior que todas as outras modalidades (pROPE μ = $\leq 7/\leq 9/\geq 84\%$). As demais comparações demonstraram efeitos incertos, corrida *versus* patinação de velocidade (pROPE μ = 14/19/67%), corrida *versus* esqui XCO (pROPE μ = 51/23/26%) e patinação de velocidade *versus* esqui XCO (pROPE μ = 72/14/14%). A $\mu_{LL-MFEL}$ entre amostras completas de homens e mulheres foi incerta (pROPE μ = 37/18/45%). A influência da idade na $\mu_{LL-MFEL}$ foi incerta, já o tempo dos estágios do TI apresentaram efeitos importantes, onde a cada vez que o tempo dos estágios é dobrado a $\mu_{LL-MFEL}$ diminui -5,4% [90% ICr, -7,4% a -3,3%].

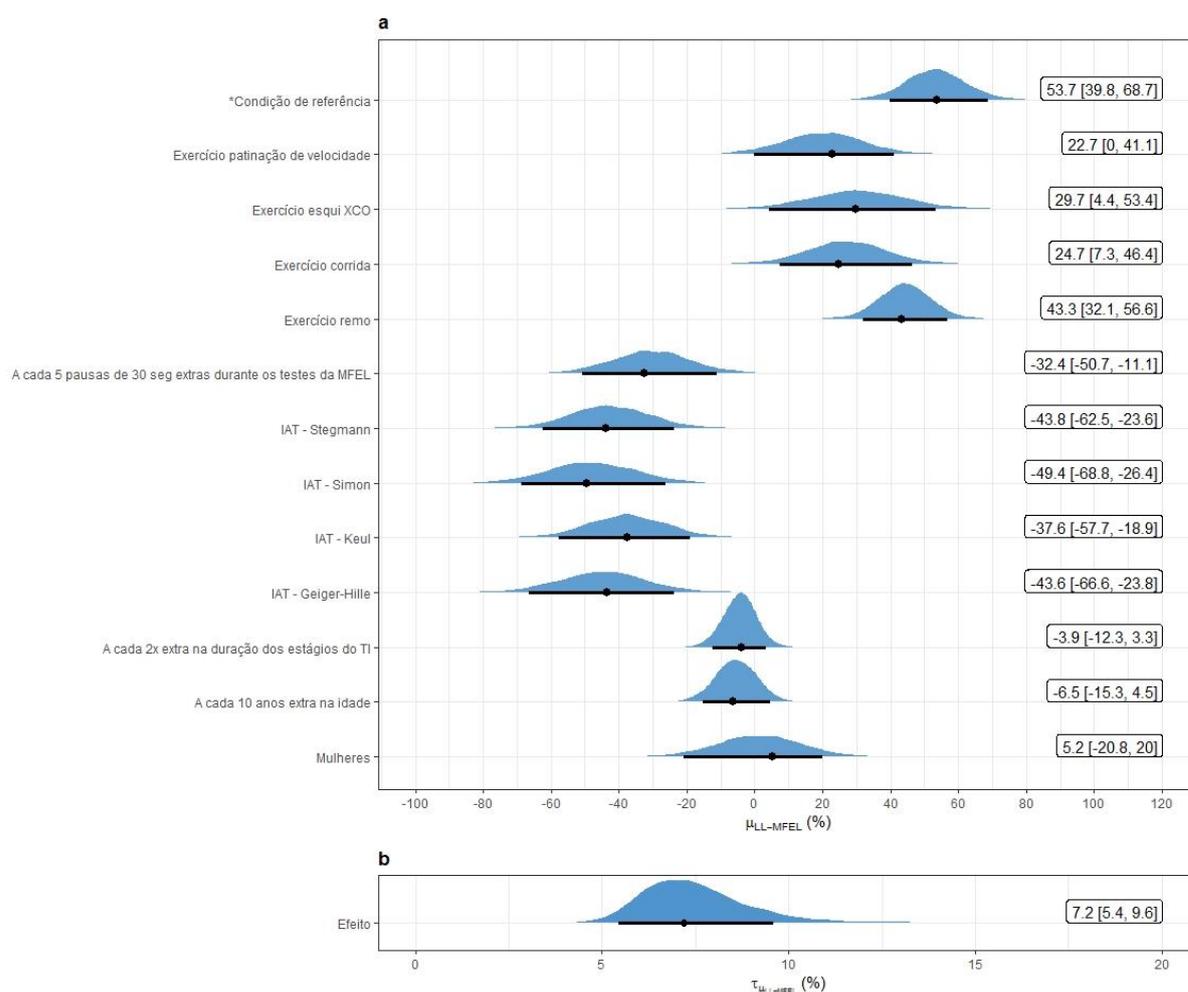
Para prever a $\mu_{LL-MFEL}$ em futuros estudos entre um dos métodos de LL de tangente e a MFEL a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} = & 64,36 + (Remo \times 44,30) + (Corrida \times 27,02) + (Esqui \times \\ & 30,32) + (Patinação \text{ de } velocidade \times 20,13) + \\ & (MFEL \text{ pausas: } MFEL \text{ duração das pausas} \times -0,20) + (IAT - Geiger - \\ & Hille \times -44,66) + (IAT - Keul \times -37,48) + (IAT - Simon \times -47,91) + \\ & (IAT - Stegmann \times -42,52) + (\log_2[\text{duração dos estágios TI}] \times -4,39) + \\ & (Idade \times -0,55) + (Proporção \text{ de } mulheres \times 1,30) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 104})$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, o IAT para o método de Berg e as demais covariáveis são contínuas. Note que *MFEL pausas:MFEL duração das pausas* é uma interação de duas variáveis contínuas, portanto ambas

devem ser multiplicadas pela constante β -0,20, e.g., 2 pausas de 15 seg cada: $-0,20 \times 2 \times 15 = -6,0$.

Figura 17 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados por tangentes na curva de lactato.



Fonte: Elaborada pelo autor.

*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, LL pelo método IAT - Berg, o teste incremental com estágios de 2 min, a idade de 12 anos e a amostra com 100% homens.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores.

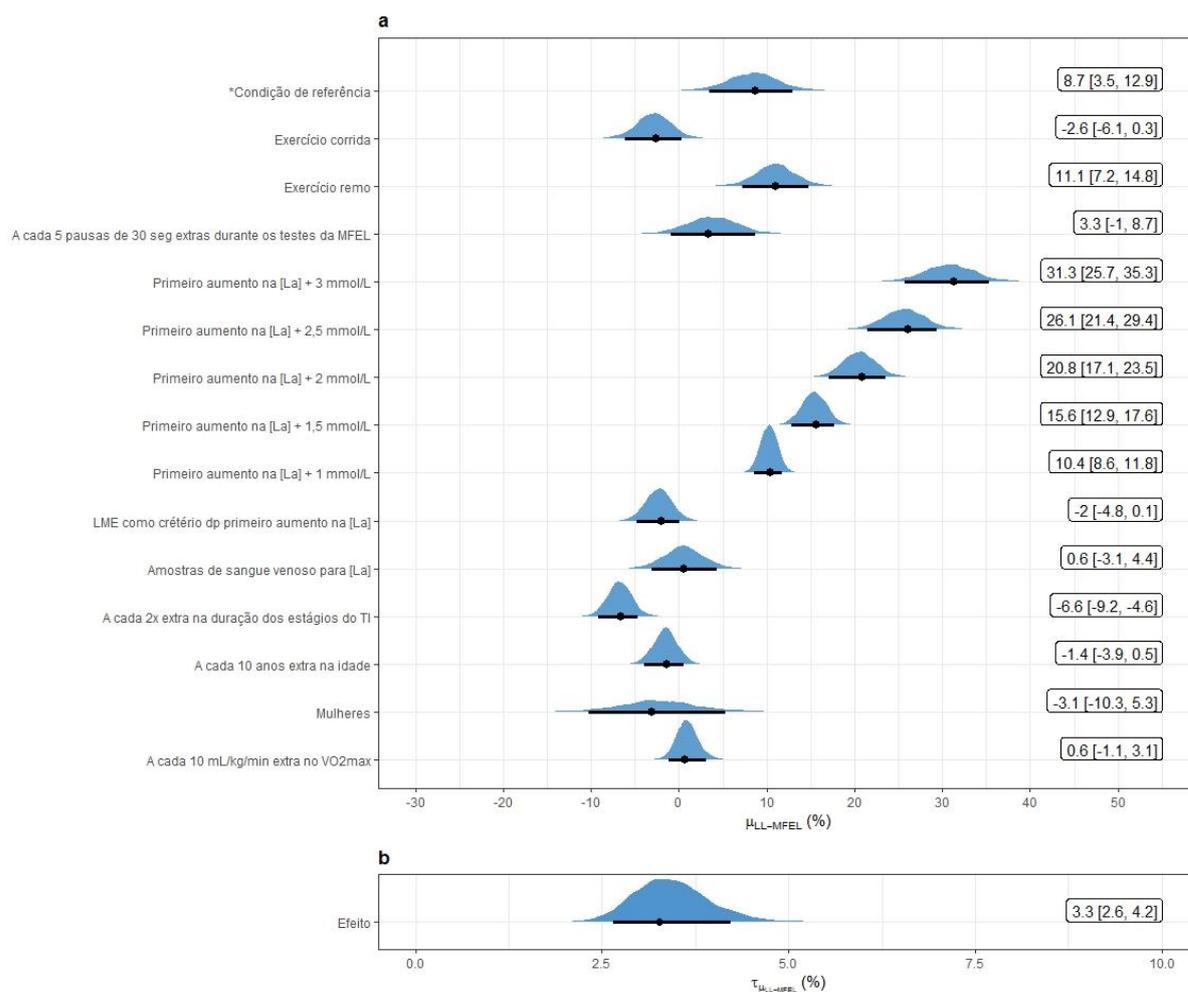
Abreviações: IAT = 'individual anaerobic threshold'; LL = limiar de lactato; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2\max$ = consumo máximo de oxigênio; $\mu_{LL-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o LL; $\tau_{\mu_{LL-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito diferença média entre a MFEL e o LL

Primeiro aumento +

A partir de 55 tamanhos de efeito, a Figura 18 mostra a condição de referência (ou seja, uma interceptação ajustada para o valor mais baixo de covariáveis contínuas observadas nos estudos incluídos, LL pelo método Baseline + 0,5 mmol/L, exercício de ciclismo e 100% homens na amostra) e os efeitos modificadores em relação a essa condição de referência, além da heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para a diferença média entre MFEL e LL ($\mu_{LL-MFEL}$). O Pseudo- R^2 foi de 91% [90 ICr, 84% a 95%].

Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 18, $\mu_{LL-MFEL}$ foi claramente maior no remo em relação ao ciclismo e corrida (pROPE μ = 0/0/100%). A $\mu_{LL-MFEL}$ entre ciclismo e corrida e amostras 100% de homens e mulheres, (pROPE μ = 46/53/1% e 44/57/13%, respectivamente). A $\mu_{LL-MFEL}$ entre amostras de sangue venoso e capilar foi claramente trivial (pROPE μ = 6/80/14%). Os efeitos modificadores da idade e $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos tendeu a ser de magnitude pequena, já o tempo dos estágios do TI apresentaram efeitos importantes, onde a cada vez que o tempo dos estágios é dobrado a $\mu_{LL-MFEL}$ diminui -6,6% [90% ICr, -9,2% a -4,6%].

Figura 18 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados pelo método da adição de concentrações fixas em relação ao primeiro aumento nas concentrações de lactato acima do repouso.



Fonte: Elaborada pelo autor.

*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, LL pelo método Baseline + 0,5 mmol/L, o teste incremental com estágios de 1 min, o $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 50,0 mL/kg/min, a idade de 22 anos e a amostra com 100% homens.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores.

Abreviações: LL = limiar de lactato; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; [La] = concentração de lactato no sangue; $\mu_{LL-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o LL; $\tau_{\mu_{LL-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito diferença média entre a MFEL e o LL

Para prever a $\mu_{LL-MFEL}$ em futuros estudos entre um dos métodos de LL Primeiro aumento + e a MFEL a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} = & -3,38 + (Remo \times 11,02) + (Corrida \times -2,82) + \\ & (MFEL \text{ pausas: } MFEL \text{ duração das pausas} \times 0,03) + (LL \text{ FR} - LME \times -2,25) + \\ & (LL \text{ aumento do [La]} \times 10,29) + (Amostra \text{ de sangue venoso} \times 0,57) + \\ & (\log_2[\text{duração dos estágios TI}] \times -6,71) + (Idade \times -0,15) + \\ & (Proporção \text{ de mulheres} \times -2,15) + (\dot{V}O_2 \text{ max} \times 0,10) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 105})$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, o primeiro aumento na [La] para o método *baseline*, as amostras de sangue capilar e as demais covariáveis são contínuas. Note que *MFEL pausas:MFEL duração das pausas* é uma interação de duas variáveis contínuas, portanto ambas devem ser multiplicadas pela constante β 0,03, e.g., 1 pausa de 30 seg: $0,03 \times 1 \times 30 = 0,9$.

Máxima distância

A partir de 64 tamanhos de efeito, a Figura 19 mostra a condição de referência (ou seja, uma intercepção ajustada para o valor mais baixo de covariáveis contínuas observadas nos estudos incluídos, LL pelo método Dmax com ajuste da curva de lactato por uma regressão exponencial [Exp-Dmax], exercício de ciclismo e 100% homens na amostra) e os efeitos modificadores em relação a essa condição de referência, além da heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para a diferença média entre MFEL e LL ($\mu_{LL-MFEL}$). O Pseudo-R² foi de 88% [90% ICr, 78% a 95%].

Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 19, $\mu_{MFEL-LL}$ foi claramente maior em todas as modalidades em relação ao ciclismo (pROPE $\mu = 0/\leq 11/\geq 89\%$), o remo, natação e caiaque foram maiores que a corrida (pROPE $\mu = 0/0/100\%$, $0/10/90\%$ e $2/8/90\%$, respectivamente). A $\mu_{LL-MFEL}$ foi claramente maior entre remo natação (pROPE $\mu = 0/2/98\%$) e menos clara entre remo e caiaque (pROPE $\mu = 11/29/60\%$) e natação e caiaque (pROPE $\mu = 60/32/8\%$). A $\mu_{LL-MFEL}$ entre amostras 100% de homens e mulheres e o ajuste da curva de [La] exponencial e polinomial foram triviais (pROPE $\mu = 7/71/22\%$ e $30/70/0\%$, respectivamente). A $\mu_{LL-MFEL}$ nos efeitos derivados de sangue venoso foram claramente menores que as de sangue capilar (pROPE $\mu = 100/0/0\%$). A $\mu_{LL-MFEL}$ para os LL do método

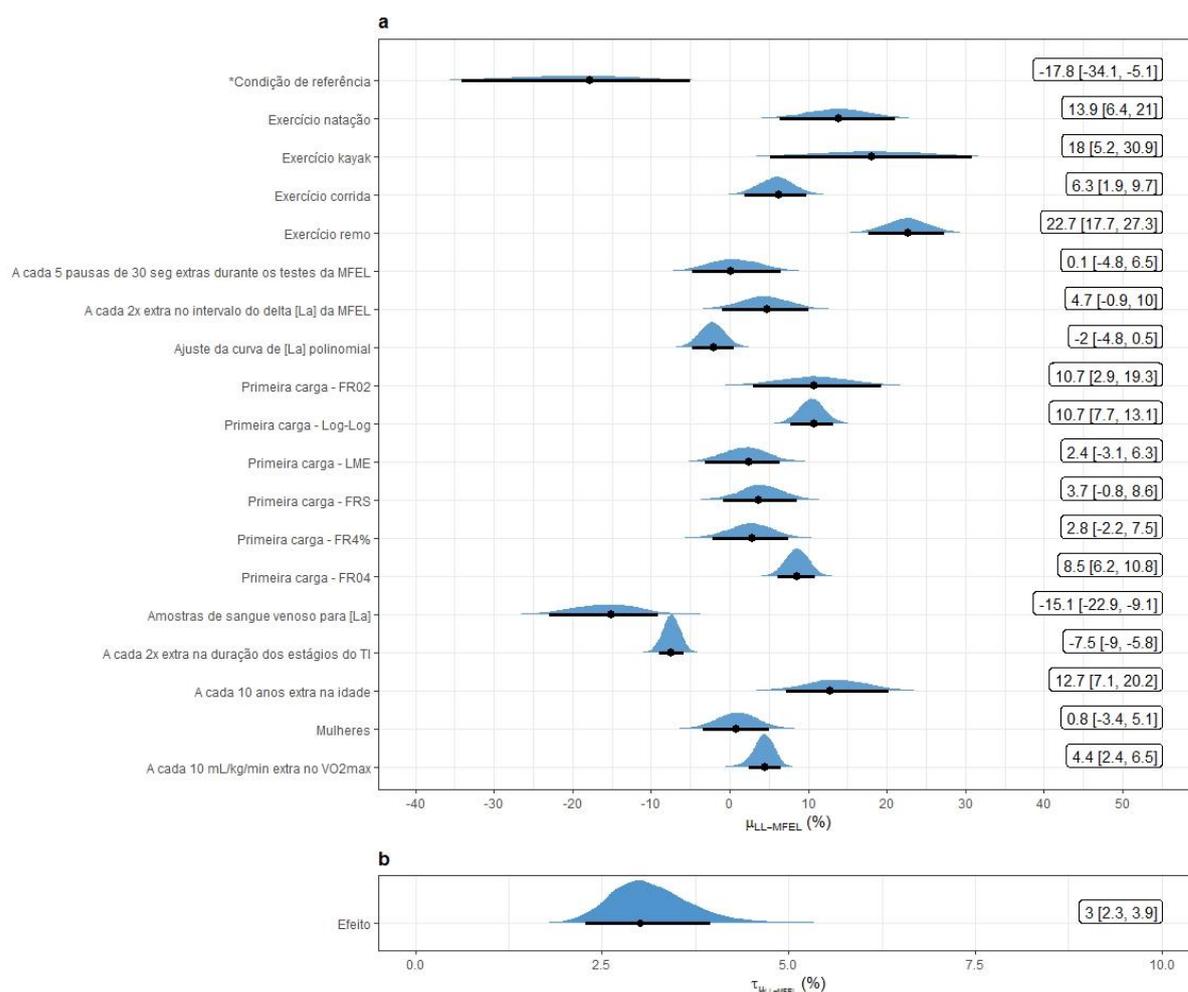
Dmod (*i.e.*, início do ajuste da curva de [La] nos métodos de LL de primeiro aumento acima do repouso/linha de base) foram maiores que os do LL do método Dmax (*i.e.*, ajuste da curva de [La] a partir da primeira intensidade do TI) pROPE μ = 3/51/46% até 0/0/100%. Os efeitos modificadores da idade e $\dot{V}O_2$ max dos sujeitos e tempo dos estágios do TI foram importantes.

Para prever a $\mu_{LL-MFEL}$ em futuros estudos entre um dos métodos de LL de Máxima distância e a MFEL a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} = & -3,38 + (Caiaque \times 17,80) + (Remo \times 22,55) + (Corrida \times \\ & 5,93) + (Natação \times 13,66) + (MFEL \text{ pausas: } MFEL \text{ duração das pausas} \times 0,005) + \\ & (Ajuste \text{ da curva de } [La] \text{ polinomial} \times -2,19) + (Primeira \text{ carga LL FR04} \times 8,58) + \\ & (Primeira \text{ carga LL FR4\%} \times 2,64) + (Primeira \text{ carga LL FRS} \times 4,00) + \\ & (Primeira \text{ carga LL LME} \times 1,99) + (Primeira \text{ carga LL Log - Log} \times 10,44) + \\ & (Primeira \text{ carga LL02} \times 10,79) + (Amostra \text{ de sangue venosa} \times -15,70) + \\ & (\log_2[\text{duração dos estágios TI}] \times -7,43) + (Idade \times 1,36) + \\ & (Proporção \text{ de mulheres} \times 0,98) + (\dot{V}O_2\text{max} \times 0,43) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 106})$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, a primeira carga do TI como início da regressão (*i.e.*, LL Dmax), ajuste da curva pelo método exponencial, as amostras de sangue capilar e as demais covariáveis são contínuas. Note que *MFEL pausas:MFEL duração das pausas* é uma interação de duas variáveis contínuas, portanto ambas devem ser multiplicadas pela constante β -0,05, *e.g.*, 5 pausas de 30 seg cada: $0,005 \times 5 \times 30 = 0,75$.

Figura 19 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados pelo método de máxima distância.



Fonte: Elaborada pelo autor.

*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, a MFEL com uma duração de teste de 20 min sem pausas, o delta [La] da MFEL de 0,5 mmol/L entre o 10º e 20º min, LL pelo método Poli-Dmax (*i.e.*, ajuste da curva de [La] com início na primeira carga do teste incremental e com modelamento por uma equação polinomial), o teste incremental com estágios de 1 min, o $\dot{V}O_{2max}$ dos sujeitos de 48,0 mL/kg/min, a idade de 11,4 anos e a amostra com 100% homens.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores.

Abreviações: FR0,2 = primeiro aumento de 0,2 mmol/L; FR0,4 = primeiro aumento de 0,4 mmol/L; FR4% = primeiro aumento de 4%; FRS = primeiro aumento *slope*; LL = limiar de lactato; LME = lactato mínimo equivalente; Log-Log = limiar de lactato pelo método Log-Log; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato

sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; [La] = concentração de lactato no sangue; $\mu_{LL-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o LL; $\tau_{\mu_{LL-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito diferença média entre a MFEL e o LL

Ponto de quebra na curva de lactato

A partir de 25 tamanhos de efeito, a Figura 20 mostra a condição de referência (ou seja, uma intercepção ajustada para o valor mais baixo de covariáveis contínuas observadas nos estudos incluídos, LL pelo método LL_2 com a curva de [La] bissegmentada, exercício de ciclismo e 100% homens na amostra) e os efeitos modificadores em relação a essa condição de referência, além da heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para a diferença média entre MFEL e LL ($\mu_{LL-MFEL}$). O Pseudo- R^2 foi de 66% [90 ICr, 00% a 90%].

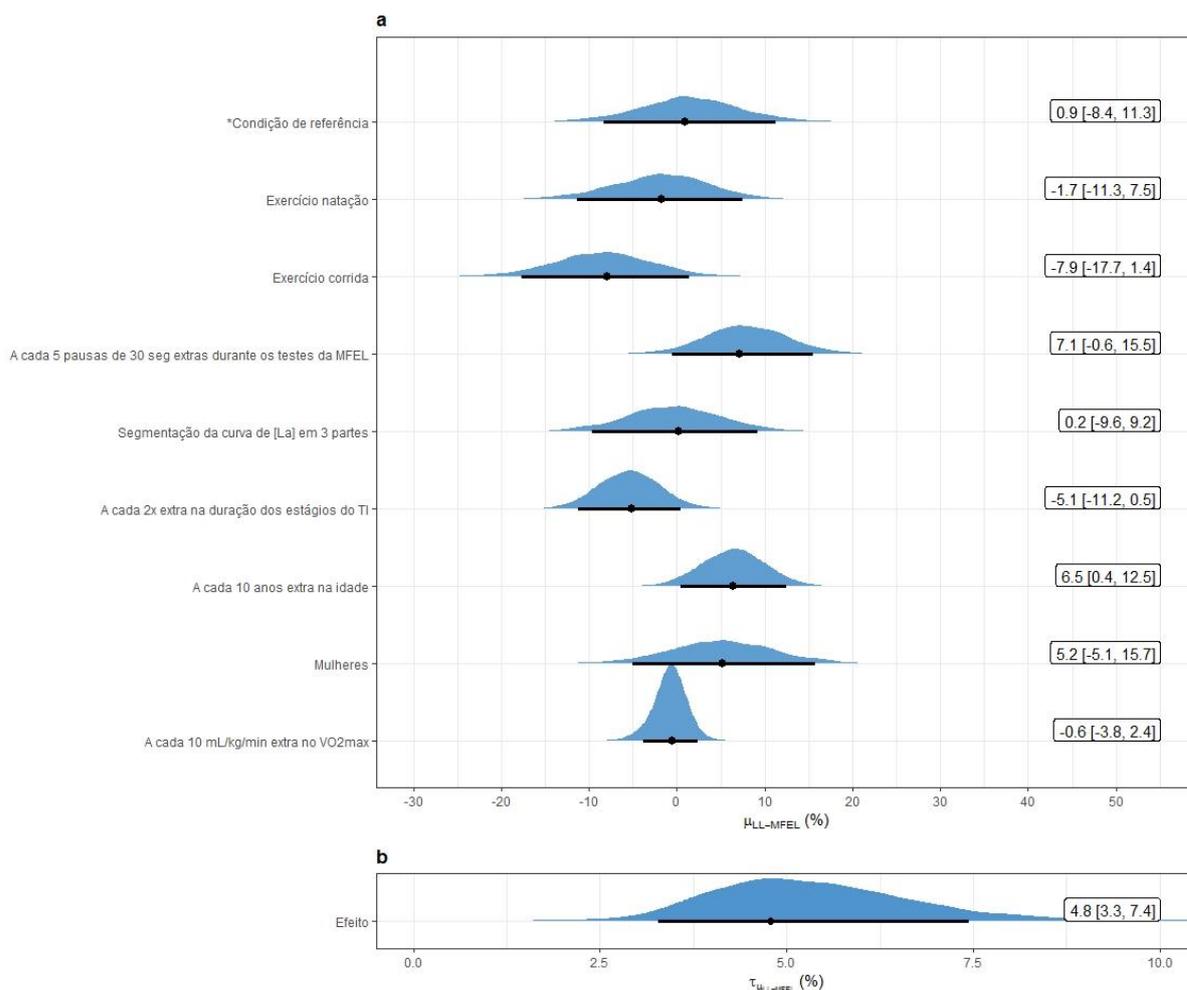
Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 20, $\mu_{LL-MFEL}$ na corrida e natação tenderam a ser menor a trivial que no ciclismo (pROPE μ = 82/15/3% e 41/40/19%, respectivamente), e na corrida tendeu a ser menor que na natação (pROPE μ = 74/21/5%). A $\mu_{LL-MFEL}$ tendeu ser maior em amostras compostas 100% por mulheres do que 100% por homens (pROPE μ = 9/27/64%). A divisão da curva de [La] em 2 ou 3 segmentos para determinação do LL_2 foi incerta (pROPE μ = 31/42/27%). Os efeitos modificadores da idade e sujeitos e tempo dos estágios do TI foram importantes, porém o $\dot{V}O_2\text{max}$ foi trivial.

Para prever a $\mu_{LL-MFEL}$ em futuros estudos entre um dos métodos de LL Ponto de quebra na curva de lactato e a MFEL a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} = & -1,78 + (\text{Corrida} \times -8,42) + (\text{Natação} \times -1,95) + \\ & (\text{MFEL pausas: MFEL duração das pausas} \times 0,05) + (\text{Curva de [La] tri -} \\ & \text{segmentada} \times -0,32) + (\log_2[\text{duração dos estágios TI}] \times -5,37) + (\text{Idade} \times 0,65) + \\ & (\text{Proporção de mulheres} \times 5,20) + (\dot{V}O_2\text{max} \times -0,08) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 107})$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, a curva de [La] bissegmentada e as demais covariáveis são contínuas. Note que *MFEL pausas:MFEL duração das pausas* é uma interação de duas variáveis contínuas, portanto ambas devem ser multiplicadas pela constante β 0,05, e.g., 5 pausas de 30 seg cada: $0,05 \times 5 \times 30 = 7,5$.

Figura 20 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados pelo método de quebra na curva de lactato (LL₂).



Fonte: Elaborada pelo autor.

*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, LL pelo método LL₂ com a curva de [La] bissegmentada, o teste incremental com estágios de 1 min, o $\dot{V}O_2\max$ dos sujeitos de 48,0 mL/kg/min, a idade de 11 anos e a amostra com 100% homens.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores.

Abreviações: LL = limiar de lactato; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2\max$ = consumo máximo de oxigênio; [La] = concentração de lactato no sangue; $\mu_{LL-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o LL; $\tau_{\mu_{LL-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito diferença média entre a MFEL e o LL

Primeiro aumento

A partir de 61 tamanhos de efeito, a Figura 21 mostra a condição de referência (ou seja, uma intercepção ajustada para o valor mais baixo de covariáveis contínuas observadas nos estudos incluídos, LL pelo método FR₀₄, amostras de sangue capilar, exercício de ciclismo e 100% homens na amostra) e os efeitos modificadores em relação a essa condição de referência, além da heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para a diferença média entre MFEL e LL ($\mu_{LL-MFEL}$). O Pseudo-R² foi de 75% [90 ICr, 55% a 88%].

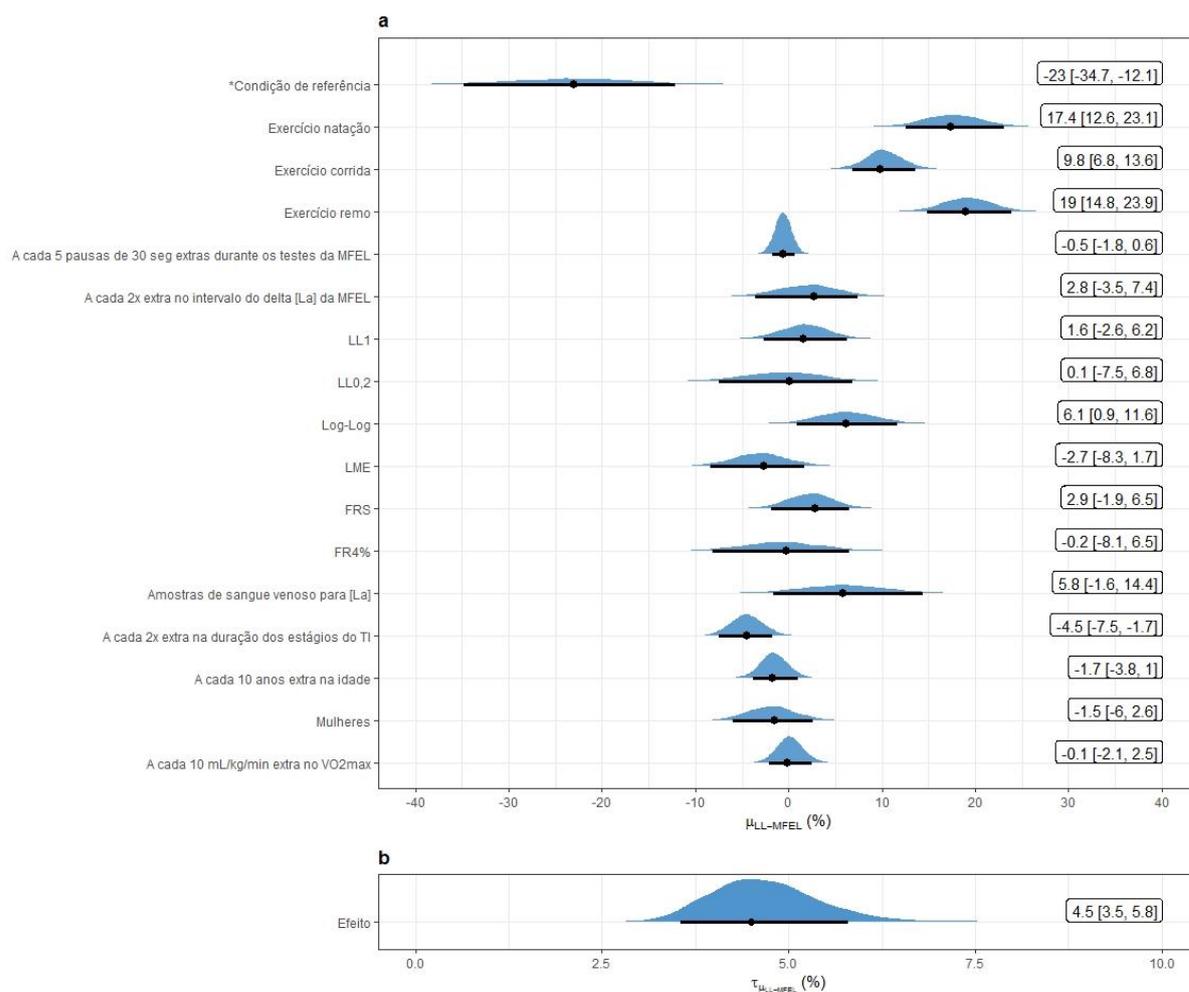
Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 21, $\mu_{LL-MFEL}$ em todas as modalidades foram maiores que no ciclismo (pROPE μ = 0/0/100%), no remo e na natação foi maior que na corrida (pROPE μ = 0/0/100%, 0/7/93%, respectivamente), entre remo e natação foi incerto (pROPE μ = 33/63/4%). A $\mu_{LL-MFEL}$ entre em amostras compostas 100% por mulheres e homens foi incerta (pROPE μ = 9/27/64%). A $\mu_{LL-MFEL}$ foi maior quando os LL foram determinados por amostras venosas de sangue a do que por amostras capilares (pROPE μ = 4/24/72%). Os efeitos modificadores da idade o $\dot{V}O_2max$ e sujeitos foi trivial, porém, o tempo dos estágios do TI foi importante.

Para prever a $\mu_{LL-MFEL}$ em futuros estudos entre um dos métodos de LL Primeiro aumento e a MFEL a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \mu_{LL-MFEL} = & -29,33 + (Remo \times 19,18) + (Corrida \times 10,22) + (Natação \times \\ & 17,59) + (LL - FR4\% \times -0,53) + (LL - FRS \times 2,40) + (LL - LME \times -3,01) + \\ & (LL - Log - Log \times 6,24) + (LL02 \times -0,48) + (LL_1 \times 1,75) + \\ & (MFEL \text{ pausas: } MFEL \text{ duração das pausas} \times -0,004) + \\ & \log_2(MFEL \Delta [La] \text{ intervalo} \times 2,10) + (Amostra \text{ de sangue venoso} \times 5,89) + \\ & (\log_2[\text{duração dos estágios TI}] \times -4,44) + (Idade \times -0,15) + \\ & (Proporção \text{ de mulheres} \times -1,82) + (\dot{V}O_2max \times 0,02) + (1|efeito) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 108})$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, LL pelo método FR₀₄, as amostras de sangue capilar e as demais covariáveis são contínuas. Note que *MFEL pausas:MFEL duração das pausas* é uma interação de duas variáveis contínuas, portanto ambas devem ser multiplicadas pela constante β -0,004, e.g., 5 pausas de 30 seg cada: $-0,004 \times 5 \times 30 = -0,6$.

Figura 21 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LL determinados pelos métodos ao primeiro aumento nas concentrações de lactato acima do repouso.



Fonte: Elaborada pelo autor.

*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, LL pelo método FR_{0,4}, o teste incremental com estágios de 1 min, o $\dot{V}O_2$ max dos sujeitos de 47,0 mL/kg/min, a idade de 10 anos e a amostra com 100% homens.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores.

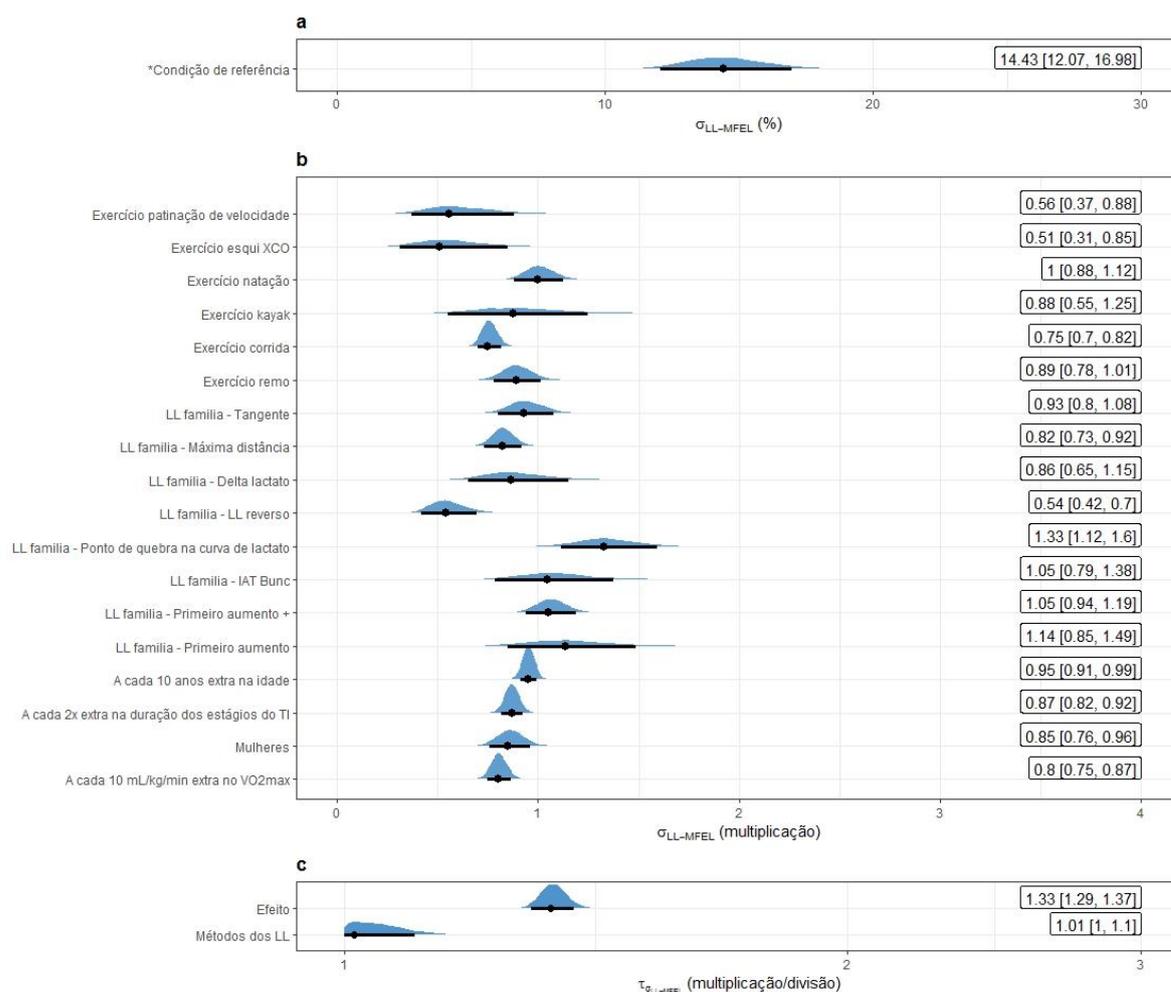
Abreviações: LL = limiar de lactato; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2$ max = consumo máximo de oxigênio; [La] = concentração de lactato no sangue; $\mu_{LL-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o LL; $\tau_{\mu_{LL-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito diferença média entre a MFEL e o LL

4.3.4.2 Desvio padrão das diferenças

A partir de 344 tamanhos de efeito, a Figura 22 apresenta a condição de referência e os efeitos modificadores em relação a esta referência, bem como a heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para $\sigma_{LL-MFEL}$. Ocorreu uma considerável heterogeneidade entre os efeitos, no entanto, negligenciável para cada método específico de LL. O Pseudo- R^2 foi de 33% [90% ICr, 13% a 50%], demonstrado que as covariáveis inseridas na meta-regressão tiveram um baixo poder explicativo da heterogeneidade entre os efeitos.

Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 22, $\sigma_{LL-MFEL}$ na corrida tendeu a ser menor ou foi claramente menor que no ciclismo (pROPE σ = 100/0/0%), remo (pROPE σ = 77/33/0%), natação (pROPE σ = 99/1/0%), caiaque (pROPE σ = 61/25/14%), patinação de velocidade (pROPE σ = 70/20/10%) e esqui XCO (pROPE σ = 78/14/8%). As modalidades patinação de velocidade (pROPE σ = 94/5/1%) e esqui XCO (pROPE σ = 95/4/1%) apresentaram probabilidades do $\sigma_{LL-MFEL}$ ser menor que no ciclismo. A comparação do ciclismo com o remo (pROPE σ = 52/47/1%), caiaque (pROPE σ = 50/31/19%), natação (pROPE σ = 6/82/12%) foram incertas. Outras comparações incertas foram entre remo e natação (pROPE σ = 57/42/1%), remo e caiaque (pROPE σ = 33/34/33%), natação e caiaque (pROPE σ = 17/30/53%) e patinação de velocidade e esqui XCO (pROPE σ = 32/20/48%). O $\sigma_{LL-MFEL}$ da natação foi claramente maior que na patinação de velocidade (pROPE σ = 1/4/95%) e esqui XCO (pROPE σ = 7/8/85%). O remo foi maior que a patinação de velocidade (pROPE σ = 3/10/87%) e esqui XCO (pROPE σ = 3/7/90%). Além disso, o $\sigma_{LL-MFEL}$ na natação foi claramente maior que na patinação de velocidade (pROPE σ = 1/4/95%) e do caiaque em relação ao esqui XCO (pROPE σ = 7/8/85%). Em amostras compostas 100% por mulheres o $\sigma_{LL-MFEL}$ foi claramente menor que em amostras compostas 100% por homens (pROPE σ = 100/0/0%).

Figura 22 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* (a), os efeitos modificadores em relação à referência (b) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão entre tamanhos de efeitos (c) para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e os LL.



Fonte: Elaborada pelo autor.

*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, os LL da família de concentrações fixas de [La], o teste incremental com estágios de 1 min, o $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 48,0 mL/kg/min, a idade de 10,5 anos e a amostra com 100% homens.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores.

Abreviações: IAT = 'individual anaerobic threshold'; LL = limiar de lactato; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; [La] = concentração de lactato no sangue; $\sigma_{LL-MFEL}$ = desvio padrão das diferenças entre a MFEL e o LL; $\tau_{\sigma_{LL-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito desvio padrão das diferenças entre a MFEL e o LL

Em relação as famílias de LLs, comparou-se o $\sigma_{LL-MFEL}$ do LL de concentração fixas de [La] com os determinados por métodos individualizados e verificou-se que em relação aos fixos só o método de LL reverso apresentou claramente o $\sigma_{LL-MFEL}$ menor (pROPE σ = 100/0/0%). Os métodos individuais que tenderam a apresentar o $\sigma_{LL-MFEL}$ menor foram os LL de Máxima distância (pROPE σ = 90/10/0%). As demais comparações foram incertas, tais como os LL dos Métodos delta (pROPE σ = 56/40/4%), primeiro aumento (pROPE σ = 1/67/32%), Primeiro aumento + (pROPE σ = 1/65/34%), IAT-Bunc (pROPE σ = 14/40/46%) e Tangente (pROPE σ = 32/64/4%). Já o LL₂ foi claramente maior (pROPE σ = 1/2/97%).

As variáveis contínuas que quando aumentadas em sua magnitude produzem diminuição do $\sigma_{LL-MFEL}$ foram o $\dot{V}O_2\text{max}$ e idade dos sujeitos e a duração dos estágios do teste incremental.

Para prever $\sigma_{LL-MFEL}$ em futuros estudos entre uma das famílias dos métodos de LL a MFEL a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \ln \sigma_{LL-MFEL} = & 3,63 + (Caiaque \times -0,11) + (Remo \times -0,11) + (Corrida \times \\ & -0,28) + (Esqui \times -0,59) + (Patinação \text{ de } velocidade \times -0,51) + (Natação \times \\ & 0,01) + (LL_{família} \text{ Máxima distância} \times -0,06) + (LL_{família} \text{ Primeiro Aumento} \times \\ & 0,19) + (LL_{família} \text{ Fixos} \times 0,13) + (LL_{família} \text{ IAT - Bunc} \times 0,21) + \\ & (LL_{família} \text{ Primeiro Aumento} + \times 0,19) + \\ & (LL_{família} \text{ Ponto de quebra na curva de lactato} \times 0,42) + \\ & (\log_2[\text{duração dos estágios TI}] \times -0,14) + (Idade \times -0,005) + \\ & (\text{Proporção de mulheres} \times -0,15) + (\dot{V}O_2\text{max} \times -0,02) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 109})$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, a família de LL para os métodos Delta lactato e as demais covariáveis são contínuas. Note que o $\ln \sigma_{LL-MFEL}$ é predito na Equação 109 em escala logarítmica, para determinar o $\sigma_{LL-MFEL}$ em percentual é preciso aplicar uma transformação exponencial.

4.4 DISCUSSÃO

Os principais achados do estudo atual são que a diferença média e o desvio padrão das diferenças entre MFEL e LL são moduladas pelos aspectos metodológicos inerentes aos seus

protocolos, como o número e duração das pausas da MFEL, a duração dos estágios do TI e a modalidade de exercício. Tais achados são reforçados pelos valores elevados do Pseudo-R². Portanto, é difícil afirmar que esses métodos de identificação do LL₂ e algumas concentrações fixas de [La] representam a mesma intensidade de exercício que a MFEL, a equivalência entre eles depende dos seus desenhos dos protocolos.

A MFEL foi criada como um protocolo de validação de vários métodos de LL, inicialmente a concentração fixa de 4 mmol/L (HECK; HESS; MADER, 1985; HOLLMANN, 1985, 2001; MADER et al., 1976; WACKERHAGE, 2021; WACKERHAGE et al., 2022). Desde a década de 1980 diferentes métodos de LL e variadas concentrações fixas de [La] foram introduzidas na literatura (BERG et al., 1980; BUNC et al., 1985; DICKHUTH et al., 1991; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; KEUL; BERG, 1986; SIMON et al., 1981; STEGMANN; KINDERMANN, 1982) e comparadas com a MFEL (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). Nossos achados demonstram que os mais variados métodos de LL produzem predições da MFEL dispersas não tendo um método que não seja dependente de características dos sujeitos (como idade, sexo e $\dot{V}O_2\text{max}$), do desenho do TI, do modo de exercício, das características metodológicas como o local de aquisição das amostras de sangue e ainda até mesmo a configuração do teste de MFEL (pausas, tempo das pausas, critério de delta [La]).

Entre os LL, os métodos que detectam o primeiro aumento acima dos valores de repouso/*baseline* não são estimativas da MFEL. Sendo os métodos de LL₁ os limiares que separam a borda dos domínios de intensidade moderado e pesado (BURNLEY; JONES, 2007; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009), já a MFEL e os métodos de LL₂ são estimativas da borda dos domínios pesado e severo (BINDER et al., 2008; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; MEYER et al., 2005), apesar de controvérsias (JONES et al., 2019a). Vale destacar que alguns pesquisadores apenas consideram o LL₁ como um limiar fisiológico (POOLE et al., 2021). Em relação aos métodos do LL₂, esses pesquisadores apenas os consideram como “um único ponto que descreve uma curva” (POOLE et al., 2021). Fato é que o LL₁ pode ser claramente detectado (em poucos casos não) de forma muito simples e fácil pois representa o início da inflexão na curva de [La]. Já o LL₂ ocorre na ‘porção curvilínea’ da curva de [La] dificultando sua identificação. Deste modo, variadas técnicas matemáticas ou adição de

concentrações fixas de [La] em relação ao LL₁ foram desenvolvidas para derivar o ponto do LL₂, o que pode não levar a identificação de um ponto de importância fisiológica (*i.e.*, limiar).

Cada método de LL possui características que modificam a sua concordância com a MFEL, entre elas principalmente a duração dos estágios do TI (para detalhes de cada método de LL veja as Figuras 16 a 21). Contudo, em relação as covariáveis do TI a duração dos estágios é uma variável que claramente modificou a magnitude da $\mu_{LL-MFEL}$ em todos os métodos de LL. Quanto mais longo a duração dos estágios menor foi a $\mu_{LL-MFEL}$ em um comportamento exponencial (ou log-linear). No estudo seminal de Heck et al. (1985) da comparação entre MFEL (hoje protocolo mais tradicional) e a concentração fixa de [La] em 4 mmol/L, os autores verificaram que a velocidade em 4 mmol/L durante o TI com estágios de 3 min superestimou mais a MFEL do que quando a velocidade em 4 mmol/L era determinada em um TI com estágios de 5 min. Posteriormente os autores também verificaram esse mesmo comportamento com métodos individuais de LL₂ (HECK; HESS; MADER, 1985; HECK; MÜLLER; HOLLMANN, 1991). Além da duração dos estágios, o incremento de carga também influencia na carga de trabalho do LL (STOCKHAUSEN et al., 1997). Contudo, não inserimos o incremento de carga entre os estágios do TI no modelamento das meta-regressões pelo seguinte motivo: todos os dados devem ser expressos na mesma unidade de medida, então convertemos os dados de velocidade da natação, esqui XCO, natação, patinação de velocidade, corrida e caiaque, mas ocorreu colinearidade (*i.e.*, correlação entre o modo de exercício e incremento de carga em watts). Portanto, excluímos essa covariável do modelo. A explicação para o comportamento de cargas de trabalho mais baixas em LL determinados com estágios mais longos no TI é a remoção do lactato da corrente sanguínea, principalmente nos estágios iniciais (HECK; MÜLLER; HOLLMANN, 1991; STOCKHAUSEN et al., 1997).

Uma das principais justificativas da criação de vários métodos individuais de LL (*i.e.*, IATs) baseou-se nas limitações das concentrações fixas, especialmente do 4 mmol/L como o LL₂ (BERG et al., 1980; BUNC et al., 1985; DICKHUTH et al., 1991; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; FOXDAL; SJÖDIN; SJÖDIN, 1996; HECK; HESS; MADER, 1985; HOLLMANN, 1985, 2001; KEUL; BERG, 1986; MADER et al., 1976; SIMON, 1986; SIMON et al., 1981; STEGMANN; KINDERMANN, 1982; WACKERHAGE, 2021; WACKERHAGE et al., 2022). Sendo a principal limitação que uma concentração fixa é variável de sujeito para sujeito e não necessariamente tem um significado fisiológico como um

limiar (POOLE et al., 2021). Se a suposição de que LL por métodos individuais tem melhor capacidade individual de prever a MFEL corretamente o $S_{\text{diferença}}$ deve ser menor que em comparação aos LL de concentração fixa, ou seja, as respostas individuais são menos dispersas. Os nossos achados demonstraram que apenas o LL reverso teve o $\sigma_{LL-MFEL}$ com probabilidades claras (pROPE $\sigma = 100/0/0\%$) de ser menor que dos métodos fixos. Os $\sigma_{LL-MFEL}$ LL da família LL₂ foram claramente maiores (pROPE $\sigma = 1/2/97\%$). Os demais métodos de LL individuais quando comparados aos fixos apresentaram comparações incertas.

Tais achados são interessantes pois não sustentam a hipótese de que os métodos individuais são mais precisos em prever a MFEL na sua maioria e reforçam a afirmação recente de que os métodos de LL₂ são “um único ponto que descreve uma curva” (POOLE et al., 2021). Tal fato pode ser explicado porque os métodos individuais são determinados por derivações matemáticas, incrementos de concentrações fixas arbitrárias acima do LL₁ ou identificação visual. Interessantemente o único LL que apresentou o $\sigma_{LL-MFEL}$ claramente menor que todos os outros métodos foi o LL reverso, que assim como o LACM possui uma justificativa fisiológica (DOTAN, 2012, 2022a). O LL reverso consiste em um TI conduzido até ~10% acima da MFEL e depois as cargas do TI são decrescidas. Segundo Dotan (2012), quando as cargas do TI estão sendo decrescidas o [La] apenas começará a diminuir as concentrações quando a carga de trabalho for menor que na MFEL (ou seja, a maior intensidade entre o aparecimento e remoção do [La] no sangue), portanto ponto mais alto da ‘curva reversa’, *i.e.*, LL reverso, reflete a MFEL. Poucos estudos foram conduzidos utilizando o LL reverso (DOTAN, 2012; KELLER; MANUNZIO; WAHL, 2022; WAHL et al., 2017, 2021), para $\mu_{LL-MFEL}$, portanto, não foi conduzida meta-regressão e os resultados apresentaram variação entre -1,6% e 2,8% em relação a MFEL protocolo tradicional (delta [La] de 1 mmol/L entre o 20° e 30° min). Os resultados são promissores, porém, precisam de mais estudos para a confirmação de que diferentes configurações de TI não alterem essa relação.

As limitações deste estudo referem-se a não ter sido possível meta-analisar todos os métodos de LL para a $\mu_{LL-MFEL}$ pois vários métodos possuíam menos de 10 estudos, inviabilizando que meta-regressões fossem conduzidas (HIGGINS; THOMAS, 2021). Pode-se argumentar que meta-análises “simples” poderiam ter sido feitas, mas vale a pena destacar, a partir dos outros métodos de LL que foram todos metodologicamente dependentes. Então uma média meta-analisada de vários estudos não forneceria resultados que tragam alguma resposta

prática. Bem como, em várias meta-regressões da $\mu_{LL-MFEL}$ e do $\sigma_{LL-MFEL}$ os métodos de LL foram agrupados por “famílias”. Para os métodos de LL que não foram incluídos em meta-regressões a Tabela 3 fornece uma visão geral dos estudos incluídos.

4.5 APLICAÇÕES PRÁTICAS

Este estudo de revisão fornece uma estimativa de prováveis covariáveis que influenciam o nível de concordância entre a MFEL e os métodos de LL. Os parâmetros das meta-regressões podem ser utilizados como estimativas para que os LL forneçam uma predição da MFEL mais assertiva, dados os valores encontrados de Pseudo- R^2 . O uso de métodos individuais não diminuiu a variabilidade das diferenças individuais para com a MFEL, contudo ainda devem ser preferíveis pois representam comportamentos da curva de [La] e são menos influenciáveis por atividades que causam variabilidade na [La], tais como temperatura, estoque de glicogênio e local de aquisição das amostras, que causam mudanças nos LL fixos. O método do LL reverso tem uma justificativa fisiológica e parece promissor para predição da MFEL.

5 CONCORDÂNCIA ENTRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E A POTÊNCIA CRÍTICA

5.1 INTRODUÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E POTÊNCIA CRÍTICA

Os testes de MFEL e PC são comumente utilizados como estimativas da fronteira entre a intensidade de exercício pesado (*i.e.*, intensidades de exercício que resultam em um estado estável no $\dot{V}O_2$ e na [La]) e severo (*i.e.*, intensidades que não resultam em um estado estável de $\dot{V}O_2$ e [La]) (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; JONES et al., 2010, 2019a), também conhecido como 'máximo estado metabólico estável' (JONES et al., 2019a). No entanto, há muito debate sobre qual teste é o "padrão ouro" para determinar essa fronteira (ALTUNA; HOPKER, 2022; BLACK et al., 2022; BROXTERMAN; CRAIG; KIRBY, 2022; BURNLEY, 2022a; DOTAN, 2022a, 2022b, 2022c; GALÁN-RIOJA et al., 2021a, 2021b; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2019; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2021; GOROSTIAGA; GARCIA-TABAR; SÁNCHEZ-MEDINA, 2022a, 2022b, 2022c; GOROSTIAGA; SÁNCHEZ-MEDINA; GARCIA-TABAR, 2022; JONES et al., 2019a, 2019b; KEIR et al., 2021; MARWOOD; GOULDING, 2022; MARWOOD; GOULDING; ROCHE, 2019; TRISKA; KARSTEN, 2022). A MFEL representa a mais alta intensidade de exercício que pode ser sustentada sem aumento contínuo da [La] (BENEKE, 2003a; BENEKE et al., 2003), enquanto a PC é comumente determinada como a assíntota da relação potência-tempo (JONES et al., 2010; POOLE et al., 1988). Originalmente, a PC foi definida como a taxa máxima de trabalho que poderia ser mantida por um longo tempo sem fadiga (MONOD; SCHERRER, 1965). No entanto, o conceito de PC foi refinado desde então, e uma das definições a postulou como a taxa de trabalho mais alta que pode ser sustentada aerobiamente sem atingir o $\dot{V}O_{2max}$ durante um teste de carga constante até a exaustão (se a PC for determinada usando testes preditivos realizados no domínio de intensidade severo) (JONES et al., 2010; POOLE et al., 1988). Esta definição é o foco desta revisão, que trata da PC como uma estimativa de um limiar fisiológico. O protocolo mais comum para determinar a MFEL envolve a realização de pelo menos duas cargas de trabalho constantes de 30 min em diferentes intensidades em dias separados. A MFEL é definida como a taxa de trabalho mais alta em que o aumento de [La] nos últimos 20 min de exercício é inferior a 1 mmol/L (BENEKE, 2003a; BENEKE et al., 2003;

BENEKE; LEITHÄUSER; OCHENTEL, 2011). Por outro lado, a PC e a capacidade de trabalho finita acima da PC (W') são estimados usando modelos matemáticos baseados em testes preditivos derivados de cargas de trabalho constantes até a exaustão ou tarefas de CR (JONES et al., 2010; POOLE et al., 1988).

O modelo de PC, que envolve PC e W' , é uma equação matemática que descreve a relação entre a potência e o tempo. A ideia de que a PC representa o limite do exercício pesado-severo originou-se dos estudos pioneiros realizados por Poole et al. (1988) e Poole; Ward; Whipp (1990). Esses estudos demonstraram que a PC correspondia à maior taxa de trabalho na qual tanto $\dot{V}O_2$ quanto [La] apresentaram um estado estável. No entanto, quando a intensidade do exercício foi aumentada acima da PC (+8%), houve um aumento inexorável tanto na [La] quanto no $\dot{V}O_2$, levando o atingimento do $\dot{V}O_{2max}$. Isso levou à sugestão de que a PC e a MFEL são equivalentes. De meados dos anos 1980 ao início dos anos 2000, muitos estudos examinaram a potencial equivalência entre PC e MFEL (DE LUCAS et al., 2002; MCLELLAN; CHEUNG, 1992; OVEREND et al., 1992; POOLE et al., 1988; POOLE; WARD; WHIPP, 1990; VAUTIER et al., 1995; WAKAYOSHI et al., 1993). Esses estudos envolveram testes de carga constante na intensidade da PC predeterminada, com duração de ~24-30 min, e monitorando a resposta dos níveis de [La]. Alguns estudos sugeriram que a MFEL e a PC representam a mesma intensidade de exercício porque havia um estado estável na [La] em torno da PC (POOLE et al., 1988; POOLE; WARD; WHIPP, 1990; VAUTIER et al., 1995; WAKAYOSHI et al., 1993), no entanto, outros estudos constataram que os participantes se exauriram antes de atingir 24-30 min de exercício sem um estado estável na [La] (DE LUCAS et al., 2002; MCLELLAN; CHEUNG, 1992; OVEREND et al., 1992). É importante observar que, na maioria desses estudos, o estado estável não foi claramente definido e a "verdadeira" MFEL não foi determinada. Em 2001, Smith; Jones (2001) foram os primeiros a comparar a velocidade crítica na corrida (análoga a PC) com o protocolo padrão da MFEL. Posteriormente, muitos outros estudos foram realizados para testar a concordância entre o protocolo padrão da MFEL e a PC, mas foram relatados resultados divergentes. Isso levou a uma intensa discussão na literatura científica sobre a equivalência entre PC e MFEL.

Tanto a MFEL quanto a PC receberam críticas devido às suas limitações (ABDALLA; GRECO; DENADAI, 2023; ALTUNA; HOPKER, 2022; BLACK et al., 2022; BROXTERMAN; CRAIG; KIRBY, 2022; BURNLEY, 2022a, 2022b; DE LUCAS, 2018;

DOTAN, 2022a, 2022c, 2022b; GALÁN-RIOJA et al., 2021a, 2021b; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2021; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2019; GOROSTIAGA; GARCIA-TABAR; SÁNCHEZ-MEDINA, 2022a, 2022b; GOROSTIAGA; GARCIA-TABAR; SÁNCHEZ-MEDINA, 2023; GOROSTIAGA; SÁNCHEZ-MEDINA; GARCIA-TABAR, 2022; JONES et al., 2019b, 2019a; KEIR et al., 2021; KEIR; MATTIONI MATURANA; MURIAS, 2018; LINDINGER, 2022; MARWOOD; GOULDING, 2022; MARWOOD; GOULDING; ROCHE, 2019; MUNIZ-PUMARES et al., 2019; TRISKA; KARSTEN, 2022). A MFEL foi criticada por sua definição de um delta de 1 mmol/L entre o período de 10 e 30 min, o que alguns consideram arbitrário, além disso, o uso do lactato sanguíneo para representar um estado de equilíbrio corporal completo e a alta variabilidade da [La] foram questionados, assim como a precisão das cargas de trabalho entre os testes (JONES et al., 2019a; MARWOOD; GOULDING; ROCHE, 2019). Alguns autores também argumentam que o domínio de intensidade severa é definido pela obtenção de $\dot{V}O_2\text{max}$ antes ou no momento de exaustão do exercício, e o limite entre os domínios de intensidade pesada e severa é delimitado pela maior intensidade sem o alcance do $\dot{V}O_2\text{max}$ (ou seja, o máximo estado estável de $\dot{V}O_2$ [$M\dot{V}O_2\text{SS}$]) (CRAIG et al., 2019; HILL; POOLE; SMITH, 2002; JONES et al., 2010; POOLE et al., 1988; POOLE; WARD; WHIPP, 1990). No entanto, foi demonstrado que o protocolo mais tradicional da MFEL não representa o $M\dot{V}O_2\text{SS}$. Por outro lado, a PC foi criticada por várias razões, incluindo o fato de que modelos hiperbólicos e suas derivadas lineares não refletem com precisão o verdadeiro comportamento da relação potência/velocidade-tempo. A PC também é dependente da duração das cargas preditivas, particularmente da mais longa, e da necessidade de vários testes, que devem ser realizados até a exaustão voluntária máxima ou na intensidade mais alta possível (DOTAN, 2022a; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2019). Críticas mais detalhadas sobre a MFEL e a PC podem ser encontradas nas referências (JONES et al., 2019a; MARWOOD; GOULDING; ROCHE, 2019) e (DOTAN, 2022a; GOROSTIAGA; SÁNCHEZ-MEDINA; GARCIA-TABAR, 2022), respectivamente,

Vale destacar que os resultados obtidos tanto da MFEL quanto da PC dependem do protocolo utilizado. A MFEL é influenciada pela duração dos testes (BENEKE, 2003; IANNETTA et al., 2022; NIXON et al., 2021), pelo número e duração das pausas para coleta de sangue (BENEKE et al., 2003; DE LUCAS et al., 2012), pelo período de tempo e critérios

usados para determinar a mudança na [La] (BENEKE, 2003; IANNETTA et al., 2022; NIXON et al., 2021), bem como pela precisão na intensidade durante os testes (BENEKE, 2003; BENEKE et al., 2003). Por outro lado, a PC depende da duração dos testes (BISHOP; JENKINS; HOWARD, 1998; MATTIONI MATURANA et al., 2018), da tarefa utilizada durante os testes preditivos (*i.e.*, CR ou TLim) (COAKLEY; PASSFIELD, 2018) e do método matemático usado para modelar as cargas (BULL et al., 2000, 2008; MATTIONI MATURANA et al., 2018). Essas diferenças nos protocolos podem explicar por que alguns estudos relatam semelhanças entre a MFEL e a PC (IANNETTA et al., 2022; KEIR et al., 2015), enquanto outros encontram diferenças significativas (DE LUCAS, 2018). Além das dependências do protocolo, outros fatores, como a modalidade de exercício (POSSAMAI et al., 2022), o *status* de treinamento (GRECO et al., 2012), a idade (NIKITAKIS et al., 2019) e as adaptações ao treinamento, também podem influenciar o nível de concordância entre a MFEL e a PC.

Para abordar uma parte desta questão de pesquisa, Galán-Rioja et al. (2020) realizaram uma meta-análise para estimar a “proximidade” entre PC e MFEL. Cinco estudos foram incluídos na análise, todos utilizando a modalidade de ciclismo e a PC sendo determinada usando o modelo de 2 parâmetros ou PC_{3-min}. Os autores avaliaram os coeficientes de correlação como o principal tamanho do efeito, mas essa abordagem foi criticada por avaliar uma comparação entre duas medidas expressas na mesma unidade de medida (BLAND; ALTMAN, 2003, 1986). Os autores relataram apenas as diferenças médias para a avaliação de “proximidade”, mas não relataram importantes parâmetros meta-analíticos, como intervalos de confiança e heterogeneidade (*i.e.*, valores de τ). Eles também não avaliaram os erros aleatórios de concordância (por exemplo, $s_{\text{diferença}}$ ou LdC). Esta revisão também recebeu críticas em relação às suposições sobre a questão do “padrão-ouro” (GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2021; KEIR et al., 2021) e ao uso de uma meta-análise “tradicional” para determinar a concordância entre os limiares de exercício que são metodologicamente dependentes (KEIR et al., 2021). Técnicas convencionais de meta-análise (ou seja, uma média meta-analisada única) podem não ser a melhor abordagem, pois tanto a MFEL quanto a PC são influenciadas por seus respectivos protocolos. Portanto, a análise de meta-regressão, que leva em conta os aspectos metodológicos como covariáveis, fornece estimativas mais realistas da concordância entre esses índices.

Portanto, é importante considerar outras modalidades de exercício e examinar quais fatores relacionados às características dos indivíduos e às dependências do protocolo podem afetar a concordância entre MFEL e PC, não apenas em termos de diferenças médias, mas também na variação das diferenças (ou seja, $S_{\text{diferença}}$), que pode ser usada para determinar os valores de LdC para prever efeitos futuros em nível dos indivíduos. Esta revisão tem como objetivo abordar essas questões analisando e sintetizando a literatura sobre comparações entre MFEL e PC e conduzindo uma análise de meta-regressão com as diferenças médias e $S_{\text{diferença}}$ como tamanhos de efeito, utilizando uma abordagem bayesiana.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Metodologia geral

A descrição dos métodos em relação as etapas da revisão sistemática, tais como, os critérios de inclusão e exclusão, a busca e seleção, extração dos dados e avaliação da qualidade metodológica dos estudos; bem como, da transformação dos dados, cálculo dos tamanhos de efeito e da descrição geral das meta-regressões são detalhados no tópico [METODOLOGIA GERAL COMUM A TODAS AS REVISÕES SISTEMÁTICAS COM META-ANÁLISES](#).

5.2.2 Meta-regressões

As formulações de modelos específicos de meta-regressão são descritas abaixo. Resumidamente, todos os modelos (exceto para a $PC_{3-\text{min}}$) foram multiníveis e multivariados. Multiníveis porque o nível populacional (também conhecido como efeitos fixos ou covariáveis) e alguns efeitos de nível de grupo (também conhecidos como efeitos aleatórios) foram utilizados. O nível de grupo tradicional em meta-análise é a identidade de cada efeito incluído, outros níveis de grupo escolhidos foram efeitos aninhados dentro de outros efeitos de nível populacional (por exemplo, equações matemáticas específicas da PC a partir de 2 parâmetros), no entanto, eles foram considerados como níveis de grupo para superar os problemas de *overfitting*. Multivariado refere-se à abordagem de dados correlacionados (ou seja, múltiplos tamanhos de efeito dos mesmos sujeitos) através de uma matriz de variância-covariância imputada ou meta-análise mais de uma variável resposta. Além disso, alguns estudos não forneceram o $\dot{V}O_2\text{max}$ e o número e duração das pausas da MFEL, então essas covariáveis

foram imputadas durante o ajuste do modelo, conforme descrito anteriormente (BÜRKNER, 2021).

Para determinar a diferença média percentual entre MFEL e PC ($\mu_{PC-MFEL}$) utilizamos um modelo multivariado multinível, a seguir:

$$\begin{aligned} \mu_{PC-MFEL} \sim & 1 + \text{Exercício} + \text{MFEL pausas: MFEL duração das pausas} + \\ & \text{MFEL } \Delta [La] + \log_2(\text{MFEL } \Delta [La] \text{ intervalo}) + \text{MFEL duração dos testes} + \\ & \text{PC cargas preditivas} + \text{PC carga preditiva mais longa} + \\ & \text{PC parâmetros de modelagem} + \dot{V}O_2\text{max} + (1|\text{efeito}) + (1|\text{exercício: movimento}) + \\ & (1|\text{PC modelagem}) + (0 + \text{pré} - \text{pós}|\text{estudo}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 110})$$

O desvio padrão das diferenças ($\sigma_{PC-MFEL}$) foi analisado com transformação logarítmica, e os efeitos do modelo multivariado de vários níveis são apresentados da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \ln \sigma_{PC-MFEL} \sim & 1 + \text{PC cargas preditivas} + \text{PC carga preditiva mais longa} + \\ & \text{PC parâmetros de modelagem} + \dot{V}O_2\text{max} + (1|\text{efeito}) + (1|\text{exercício: movimento}) + \\ & (1|\text{PC modelagem}) + (0 + \text{pré} - \text{pós}|\text{estudo}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 111})$$

onde:

variáveis independentes:

- $\mu_{PC-MFEL}$ é a diferença média percentual entre MFEL e PC com um erro padrão associado,
- $\ln \sigma_{PC-MFEL}$ é o $S_{\text{diferença}}$ log-transformado percentual entre MFEL e PC com um erro padrão associado,

Efeitos a nível populacional:

- I é o intercepto da meta-regressão,
- *Exercício* é uma variável categórica para modos de exercício (ou seja, ciclismo, corrida, remo, natação e canoagem *slalom*),

- *MFEL pausas:MFEL duração das pausas* consiste em uma interação entre as duas variáveis contínuas, o número de pausas da MFEL (como contagem) e a duração de cada pausa (em segundos). Em alguns estudos, eles foram imputados durante o modelamento MCMC,
- *MFEL Δ [La]* refere-se ao critério de delta na [La] (em mmol/L),
- *MFEL Δ [La] intervalo* consiste no intervalo de tempo do delta na [La] (em minutos), analisado \log_2 transformado,
- *MFEL duração dos testes* é a duração total (em minutos) dos testes de MFEL,
- *PC cargas preditivas* refere-se ao tipo de testes realizados como testes preditivos de PC (TLim e CR),
- *PC carga preditiva mais longa* é uma variável contínua da duração da carga preditiva da PC mais longa (em minutos),
- *PC parâmetros de modelagem* corresponde ao número de parâmetros do ajuste da PC codificados categoricamente como 2 e 3 parâmetros,
- *$\dot{V}O_2max$* refere-se ao consumo máximo de oxigênio do sujeito normalizada pela massa corporal (contínua como mL/kg/min), e em alguns estudos, foi imputado.

Efeitos a nível de grupo:

- *efeito* é um termo de nível de grupo para a identidade (ou seja, interceptação) de cada tamanho de efeito incluído (ou seja, meta-análise de efeitos aleatórios),
- *exercício:movimento* refere-se a um termo de nível de grupo para a identidade da interação entre o modo de exercício \times tipo de movimento (ou seja, preso ou livre), isto é, uma variável de índice que aloca um valor único para cada cruzamento das duas variáveis (ciclismo:livre, corrida:livre, remo:livre, natação:livre, natação:preso e canoa slalom:preso),
- *PC modelagem* é um termo de nível de grupo para cada equação matemática específica da PC (3-hip, 2-hip, 1/tempo, Linear, Melhor ajuste e Melhor ajuste PC),
- *pré – pós* refere-se à inclinação do teste-reteste codificado numericamente como 0 e 1, respectivamente, para estudos que avaliaram a validade em duas ocasiões, o que fornece a variabilidade da diferença nos tamanhos de efeito entre medidas repetidas.

Para a comparação entre $PC_{3-\min}$ e MFEL, não foi realizada uma meta-regressão devido à escassez de estudos, ou seja, apenas um total de três. Assim, foi realizada uma meta-análise multivariada simples (ou seja, $\mu_{PC_{3-\min}-MFEL}$ e $\ln \sigma_{PC_{3-\min}-MFEL}$ foram analisados em um único modelo), onde o efeito de nível populacional foi apenas a identidade (interceptação), o que fornece um efeito médio meta-analisado, e o nível de grupo foi a identidade de cada estudo, conforme segue:

$$\mu_{PC_{3-\min}-MFEL} \sim 1 + (1|efeito)$$

$$\ln \sigma_{PC_{3-\min}-MFEL} \sim 1 + (1|efeito) \quad (\text{Eq. 112})$$

Note que, para $\sigma_{PC-MFEL}$, as covariáveis da MFEL foram retiradas dos modelos, pois o número de efeitos era menor do que $\mu_{PC-MFEL}$, e as covariáveis derivadas da MFEL apresentaram magnitudes pequenas.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Seleção de estudos

Um total de 449 estudos (após exclusão de duplicatas) foram encontrados nas bases de dados, e mais 16 estudos no Google Scholar, listas de referências e buscas “bola de neve”. Desses estudos, 38 atenderam aos critérios de inclusão desta revisão, mas dois (MATTIONI MATURANA, 2016; POSSAMAI, 2020) foram removidos porque consistiam em dados duplicados de outros (MATTIONI MATURANA et al., 2016, 2017; POSSAMAI et al., 2022). Um estudo (CAEN et al., 2022) foi publicado após nossa última busca e é um dado duplicado de outro relatório (CAEN, 2021), então incluímos a versão revisada por pares e removemos a outra (CAEN, 2021). Portanto, um total de 36 estudos foram analisados neste estudo. Um resumo dos resultados da pesquisa e motivos de exclusão é fornecido na Figura 23.

5.3.2 Características dos estudos

5.3.2.1 Características gerais

Dos 36 estudos incluídos e analisados (SMITH; JONES, 2001; MOTOYAMA et al., 2014; OKUNO et al., 2011; BORSZCZ, 2018; SANTHIAGO, 2009; PALLARÉS et al., 2020;

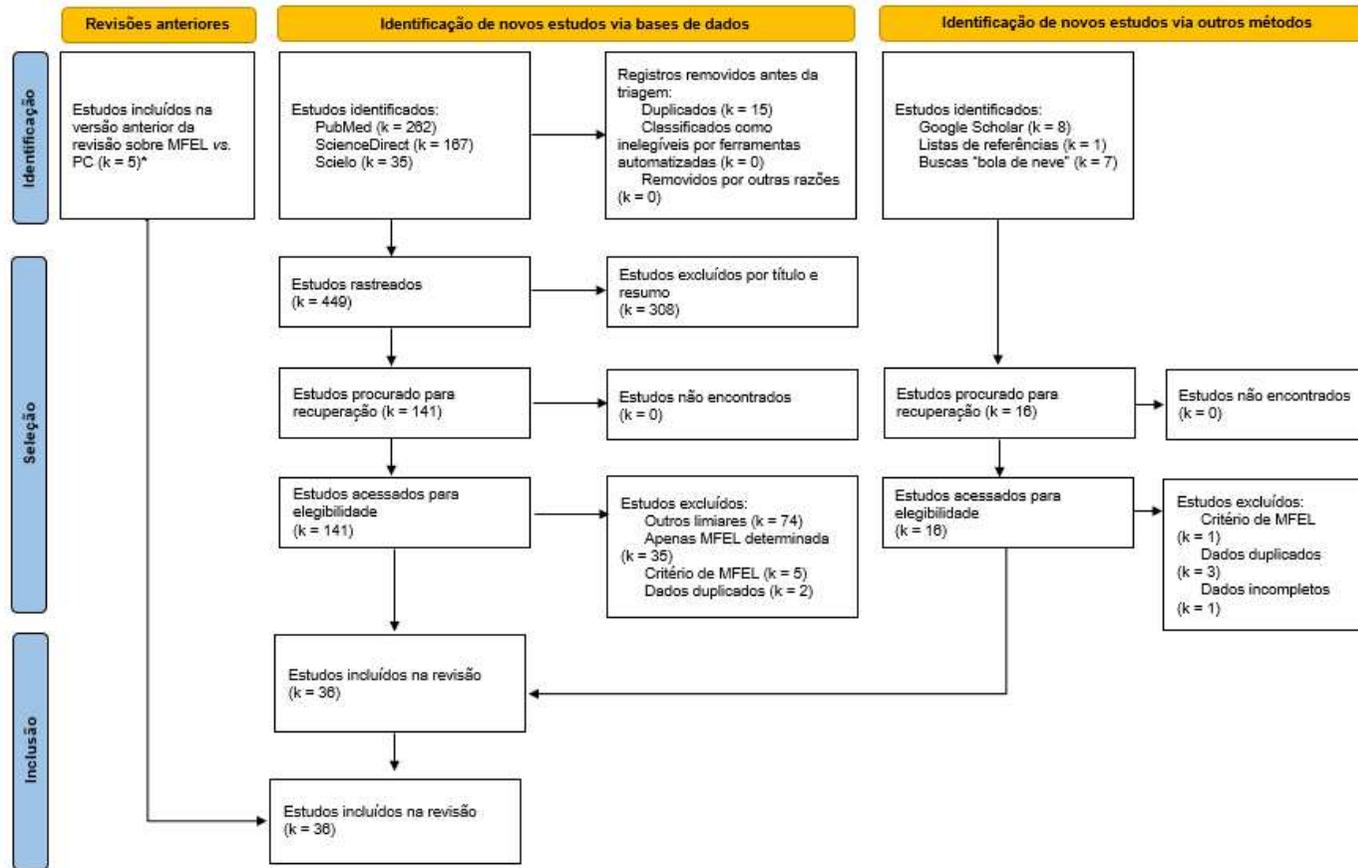
IANNETTA et al., 2022; DE LUCAS et al., 2012; FONTANA et al., 2017; MACHADO et al., 2011; CAEN et al., 2022; D'ANGELO, 2008; HILDEBRAND, 2010; MACHADO et al., 2019; NIKITAKIS et al., 2019; NIXON et al., 2021; LIEVENS et al., 2021; PESSÔA FILHO; DENADAI, 2010; PUGA et al., 2009; PRINGLE; JONES, 2002; MATTIONI MATURANA et al., 2016, 2017; FERRARI et al., 2017; CARITÁ; GRECO; DENADAI, 2009; DENADAI; GOMIDE; GRECO, 2005; GRECO et al., 2012; OZKAYA et al., 2022; DEKERLE et al., 2003, 2005; PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011; ESPADA; PESSÔA FILHO; ALVES, 2017; POSSAMAI et al., 2022; KEIR et al., 2015; IANNETTA et al., 2019; SPERLICH et al., 2014, 2011), 31 foram revisados por pares (SMITH; JONES, 2001; MOTOYAMA et al., 2014; OKUNO et al., 2011; PALLARÉS et al., 2020; IANNETTA et al., 2022; DE LUCAS et al., 2012; FONTANA et al., 2017; MACHADO et al., 2011; CAEN et al., 2022; MACHADO et al., 2019; NIKITAKIS et al., 2019; NIXON et al., 2021; LIEVENS et al., 2021; PESSÔA FILHO; DENADAI, 2010; PUGA et al., 2009; PRINGLE; JONES, 2002; MATTIONI MATURANA et al., 2016, 2017; FERRARI et al., 2017; CARITÁ; GRECO; DENADAI, 2009; DENADAI; GOMIDE; GRECO, 2005; GRECO et al., 2012; OZKAYA et al., 2022; DEKERLE et al., 2003, 2005; PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011; POSSAMAI et al., 2022; KEIR et al., 2015; IANNETTA et al., 2019; SPERLICH et al., 2014, 2011) e cinco foram de "literatura cinza" (BORSZCZ, 2018; SANTHIAGO, 2009; D'ANGELO, 2008; HILDEBRAND, 2010; ESPADA; PESSÔA FILHO; ALVES, 2017), incluindo um resumo de conferência (ESPADA; PESSÔA FILHO; ALVES, 2017) e quatro teses/dissertações/monografias (BORSZCZ, 2018; SANTHIAGO, 2009; D'ANGELO, 2008; HILDEBRAND, 2010). As principais características dos estudos em relação aos protocolos de teste da MFEL e PC e os tamanhos de efeito observados a nível de estudo ($\hat{\mu}_{PC-MFEL}$ e $\hat{\sigma}_{PC-MFEL}$) são apresentados na Tabela 5. Em relação ao sexo dos sujeitos, apenas um estudo (CAEN et al., 2022) apresentou dados de um grupo feminino, e em cinco estudos (IANNETTA et al., 2019; MACHADO et al., 2019; MATTIONI MATURANA et al., 2016, 2017; PRINGLE; JONES, 2002) uma pequena parte das amostras era composta por mulheres (variando de 12% a 45% da amostra total). Em termos de modo de exercício, a revisão incluiu 17 estudos com ciclismo, nove com corrida, oito com natação (DEKERLE et al., 2005; ESPADA; PESSÔA FILHO; ALVES, 2017; MACHADO et al., 2011, 2019; NIKITAKIS et al., 2019; PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011; PESSÔA FILHO; DENADAI, 2010; SANTHIAGO, 2009), um

com remo (POSSAMAI et al., 2022) e um com canoagem utilizando um sistema de canoa amarrada (FERRARI et al., 2017).

5.3.2.2 Modelos de potência crítica

Dos estudos incluídos, os modelos de PC não lineares, foram utilizados os ajustes hiperbólicos com 2- (hip-2) e 3-parâmetros (3-hip). Os modelos lineares de 2 parâmetros incluíam o trabalho-tempo (Linear) e a potência-inverso do tempo (1/tempo). A partir desses modelos de PC, alguns estudos também utilizaram um modelo de PC com a menor soma de erros padrão (em percentagem; ou seja, coeficientes de variação) da PC e W' (Melhor ajuste) ou um modelo de PC com o menor erro padrão apenas para PC (Melhor ajuste PC) (Para detalhes consulte o tópico [Potência crítica](#) que descreve as equações de PC). Além disso, a PC foi estimada pela potência/velocidade média dos últimos 30 seg durante um esforço máximo de 3 min (PC_{3-min}).

Figura 23 – Seleção dos estudos conforme o PRISMA para MFEL *versus* PC.



Fonte: Elaborada pelo autor,

Abreviações: k = número de estudos; MFEL = máxima fase estável de lactato sanguíneo; PC = potência crítica; * = todos os estudos encontrados por Galán-Rioja et al. (2020) também foram encontrados nas nossas buscas

Tabela 5 – As principais características dos estudos incluídos na revisão em relação à concordância entre a máxima fase estável de lactato sanguíneo e a potência crítica; os estudos são classificados pelo modelo potência crítica e pela diferença percentual média da máxima fase estável de lactato sanguíneo,

Referência	n sexo, nível de treinamento	Modo de exercício, medida de intensidade	MFEL				PC				$\hat{\mu}_{PC-MFEL} \pm \hat{\sigma}_{PC-MFEL}(\%)^a$	
			Duração ($\Delta[La]$ intervalo), min	$\Delta[La]$, mmol/L	Pausas, n° × tempo	Carga $\pm, \%$	Modelamento	Cargas preditivas		Mais curta, min		Mais longa, min
Modelos de dois parâmetros												
Okuno et al. (2011)	10 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	30 × 30 s	10,0	2-hip	TLim	4	2,5 ± 0,4	10,8 ± 2,0	-40,6 ± 7,1
Borszcz (2018)	7 H; ciclistas 8 M; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	5,0	1/tempo	CR	2	5,0 ± 0,0	20,0 ± 0,0	-3,8 ± 6,3 -1,2 ± 4,1
Santhiago (2009)	12 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 30 s 1 × 30 s	[4,0] 12,0 3,0 [9,0]	Linear	CR	3	~2,1 [200-m]	~5,8 [500-m]	[-0,6 ± 2,4] -1,7 ± 7,1 ^b [4,1 ± 2,8] 12,2 ± 8,4 ^b
		Natação amarrada; Força	30 (20)	1,0	5 × 30 s	14,0	1/tempo	TLim		3	~2,0	~17,0
Pallarés et al. (2020)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	6,0	Linear	TLim	4	0,5 ± 0,1	74,1 ± 13,5	-2,0 ± 0,5
Iannetta et al. (2022)	10 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (25)	1,0	0 × 0 s	4,4	2-hip	TLim	4-5	2,2 ± 0,5	12,2 ± 2,7; 16,4 ± 2,3 ^s	6,6 ± 7,1
			30 (20)		4,3	3,8 ± 6,7						
			30 (15)		4,1	-0,4 ± 5,9						
			30 (10)		4,1	-0,4 ± 5,9						
			30 (5)		4,0	-1,6 ± 4,4						
			30 (25)		4,4	8,3 ± 7,6						
			30 (20)		4,3	5,5 ± 7,1						
30 (15)		4,1	1,2 ± 6,3									
30 (10)		4,1	1,2 ± 6,3									

			30 (5)			4,0						0,0 ± 4,6
			30 (25)			4,4	1/tempo					10,9 ± 7,6
			30 (20)			4,3						8,1 ± 7,2
			30 (15)			4,1						3,7 ± 6,3
			30 (10)			4,1						3,7 ± 6,3
			30 (5)			4,0						2,4 ± 4,7
			30 (25)			4,4	Melhor ajuste					9,2 ± 7,3
			30 (20)			4,3						6,4 ± 7,3
			30 (15)			4,1						2,0 ± 6,2
			30 (10)			4,1						2,0 ± 6,2
			30 (5)			4,0						0,8 ± 5,0
			30 (25)			4,4	Melhor ajuste PC					6,6 ± 7,5
			30 (20)			4,3						3,8 ± 7,0
			30 (15)			4,1						-0,4 ± 6,2
			30 (10)			4,1						-0,4 ± 6,2
			30 (5)			4,0						-1,6 ± 4,5
de Lucas et al. (2012)	8 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 60 s	5,0	Linear	CR	2	5,1 ± 0,3 [1,5-km]	11,0 ± 0,6 [3-km]	-0,7 ± 3,3
			30 (20)	1,0	1 × 30 s	5,0						5,6 ± 5,7
Fontana et al. (2017)	14 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	?	Linear	TLim	2-4	~2,0	~20,0	-0,5 ± 6,2
Machado et al. (2011)	10 H; nadadores jovens	Natação; Velocidade	~19 (~14)	1,0	3 × 45-60 s	[2,0] 6,0	Linear	CR	4	Pré: ~0,5 min [50-m]	Pré: 4,6 ± 0,4 [400-m]	Pré: [0,0 ± 4,9] 0,0 ± 14,6 ^b
										Pós: ~0,5 min [50-m]	Pós: 4,5 ± 0,3 [400-m]	Pós: [1,4 ± 2,3] 4,3 ± 6,8 ^b
Caen et al. (2022)			30 (20)	1,0	0 × 0 s	~5,8		TLim	3	~2,0	~20,0	Pré: 1,8 ± 3,5

D'Angelo (2008)	10 M; fisicamente ativos 9 H; corredores	Ciclismo; Potência Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ? s	5,5	Melhor ajuste Linear	CR	4	2,0 ± 0,1 [800-m]	15,1 ± 0,7 [5-km]	2,2 ± 2,4
			30 (20)	1,0	1 × ? s	5,5						6,2 ± 1,1
Caen et al. (2022)	11 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	~4,1	Melhor ajuste	TLim	3	~2,0	~20,0	Pré: 2,5 ± 5,9 Pós: 4,0 ± 3,7
Hildebrand (2010)	10 H; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × ? s	5,0	Linear	CR		2,7 ± 0,1 [800-m]	8,9 ± 0,9 [2-km]	2,6 ± 10,4
Machado et al. (2019)	12 H, 8 M; nadadores jovens	Natação; Velocidade	~21 (~16)	1,0	3 × 45-60 s	[2,0] 6,0	Linear	CR	4	0,5 ± 0,02 [50-m]	4,9 ± 0,2 [400-m]	[1,6 ± 1,9] 4,7 ± 5,6 ^b
Nikitakis et al. (2019)	10 H; nadadores crianças	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 45 s	[2,0] 6,0	Linear	CR	2	2,9 ± 0,2 [200-m]	5,9 ± 0,4 [400-m]	[0,8 ± 1,6] 2,5 ± 4,7 ^b
Nixon et al. (2021)	10 H; corredores e triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 15 s	3,0	Melhor ajuste	TLim	4-6	3,1 ± 0,6	13,4 ± 3,7	7,9 ± 2,9
			20 (10)	1,0	3 × 15 s							4,7 ± 5,0 ^d
			30 (15)	1,0	5 × 15 s							9,3 ± 5,2 ^d
			30 (10)	1,0	5 × 15 s							5,1 ± 5,0 ^d
			30 (20)	1,5	5 × 15 s							7,2 ± 5,3 ^d
			20 (10)	1,5	3 × 15 s							3,8 ± 4,9 ^d
			30 (15)	1,5	5 × 15 s							5,8 ± 5,1 ^d
			30 (10)	1,5	5 × 15 s							3,8 ± 4,9 ^d
			30 (20)	2,0	5 × 15 s							4,5 ± 5,0 ^d
			20 (10)	2,0	3 × 15 s							3,1 ± 5,0 ^d
Lievens et al. (2021)	12 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	4,2	Melhor ajuste	TLim	3-5	~2,0	~20,0	3,7 ± 4,5

Nikitakis et al. (2019)	10 H; nadadores junior	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 45 s	[2,0] 6,0	Linear	CR	2	2,3 ± 0,1 [200-m]	4,8 ± 0,2 [400-m]	[1,4 ± 2,6]; 4,2 ± 7,9 ^b
Smith; Jones (2001)	8 H; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 15 s	3,6	Linear	TLim	4	4,2 ± 1,1	8,9 ± 1,4	4,3 ± 6,9
Pessoa Filho; Denadai (2010)	10 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 30 s	[2,5] 7,5	Linear	TLim	3	~3,0	~15,0	[1,7 ± 2,4] 5,2 ± 7,4 ^b
		Natação amarrada; Potência				3,0	Linear	TLim	3	~3,0	~15,0	11,4 ± 16,8
Puga et al. (2009)	12 H; fisicamente ativos	Corrida; Inclinação	30 (20)	1,0	2 × 20 s	3,0	2-hip	TLim	3	4,1 ± 2,5	12,0 ± 5,8	[9,2 ± 12,4] 3,6 ± 4,9 ^e
							Linear					[12,8 ± 12,1] 5,0 ± 4,7 ^e
							1/tempo					[13,5 ± 12,1] 5,3 ± 4,8 ^e
Pringle; Jones (2002)	7 H, 1 M; atletas/fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	8,5	Linear	TLim	4	~2,0	~15,0	7,2 ± 12,9 9,0 ± 10,4
Motoyama et al. (2014)	14 H; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	? × ? s	5,0	Linear	CR	2	4,9 ± 0,6 [500-m]	16,9 ± 2,5 [3-km]	8,3 ± 8,1
Mattioni Maturana et al. (2016, 2017)	9 H, 4 M, fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	4,0	2-hip	TLim	5	1,7 ± 0,4	19,4 ± 3,4	8,6 ± 6,2
Ferrari et al. (2017)	12 H; <i>slalom kayakers</i> de elite	Canoagem amarrada; Força	30 (20)	1,0	2 × ~20 s	9,0	2-hip	TLim	4	1,5 ± 0,2	4,9 ± 1,0	8,8 ± 10,3 17,9 ± 14,9
Caritá; Greco. Denadai (2009)	6 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	?	2-hip	TLim	3	4,0 ± 0,9	11,8 ± 3,5	9,2 ± 2,6
Denadai; Gomide; Greco (2005)	12 H; jogadores de futebol de elite	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	1 × 20 s	4,0	Linear	CR	2	5,4 ± 0,5 [1,5-km]	11,6 ± 0,9 [3-km]	9,9 ± 4,3
Greco et al. (2012)	7 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	5,0	2-hip	TLim	3	3,8 ± 0,9	11,2 ± 3,3	10,4 ± 5,2 12,5 ± 5,2
							Linear					12,8 ± 5,3

5.3.3 Qualidade dos estudos

Quarenta e dois por cento (número de estudos [k] = 15) dos estudos incluídos nesta revisão relataram a estabilidade dos participantes e das condições dos testes, 50% (k = 18) receberam uma avaliação parcial e em 8% (k = 3) as condições não foram relatadas. Em 92% (k = 33) dos estudos, os detalhes dos participantes foram adequadamente relatados e 8% (k = 3) receberam uma pontuação parcial pois relataram apenas parte dos detalhes dos participantes. Para critérios de inclusão e exclusão, 89% (k = 32) dos estudos não declararam os critérios e 11% (k = 4) forneceram critérios de inclusão ou exclusão (ou seja, pontuação parcial). Quanto ao tamanho da amostra, todos os estudos (k = 36) utilizaram amostras classificadas como pequenas (n <30). A Tabela 6 apresenta os resultados da avaliação da qualidade dos estudos.

Tabela 6 – Avaliação da qualidade metodológica dos estudos.

Referência	Tamanho da amostra	Crítérios de inclusão/exclusão	Detalhes dos participantes	Estabilidade das condições
Borszcz (2018)	15	Não reportado	Sim	Parcial
Caen et al. (2022)	21	Não reportado	Sim	Sim
Caritá et al. (2009)	6	Não reportado	Sim	Sim
D'Angelo (2008)	9	Parcial	Sim	NR
Denadai et al. (2005)	12	Não reportado	Sim	Parcial
Dekerle et al. (2003)	11	Não reportado	Sim	Parcial
Dekerle et al. (2005)	8	Não reportado	Sim	Parcial
de Lucas et al. (2012)	8	Não reportado	Sim	Sim
Espada et al. (2017)	12	Não reportado	Parcial	Parcial
Fontana et al. (2017)	14	Não reportado	Sim	Sim
Ferrari et al. (2017)	12	Não reportado	Sim	NR
Greco et al. (2012)	14	Não reportado	Sim	Sim
Hildebrand (2010)	8	Não reportado	Sim	Parcial
Iannetta et al. (2019)	11	Não reportado	Sim	Parcial
Iannetta et al. (2022)	10	Não reportado	Sim	Sim
Keir et al. (2015)	12	Não reportado	Sim	Parcial
Lievens et al. (2021)	12	Não reportado	Sim	Parcial
Machado et al. (2019)	20	Não reportado	Sim	Parcial
Machado et al. (2011)	10	Não reportado	Parcial	Parcial
Mattioni Maturana et al. (2016)	13	Não reportado	Sim	Sim
Mattioni Maturana et al. (2017)	13	Não reportado	Sim	Sim
Motoyama et al. (2009)	14	Não reportado	Sim	Parcial
Nikitakis et al. (20179)	20	Não reportado	Sim	Sim
Nixon et al. (2021)	10	Não reportado	Sim	Sim
Okuno et al. (2011)	10	Não reportado	Sim	Sim

Ozkaya et al. (2022)	10	Não reportado	Sim	Sim
Pallarés et al. (2020)	14	Parcial	Sim	Sim
Pelarigo; Denadai; Greco (2011)	12	Não reportado	Sim	Parcial
Pessoa Filho; Denadai (2010)	10	Não reportado	Sim	NR
Possamai et al. (2022)	14	Não reportado	Sim	Sim
Pringle and Jones (2002)	8	Não reportado	Sim	Parcial
Puga et al. (2009)	12	Não reportado	Sim	Sim
Santhiago (2009)	12	Não reportado	Parcial	Parcial
Smith and Jones (2001)	8	Não reportado	Sim	Parcial
Sperlich et al. (2011)	18	Parcial	Sim	Parcial
Sperlich et al. (2014)	15	Parcial	Sim	Parcial

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para detalhes de cada critério consulte o [Quadro 9](#).

5.3.4 Meta-regressões

5.3.4.1 MFEL versus PC 'tradicional'

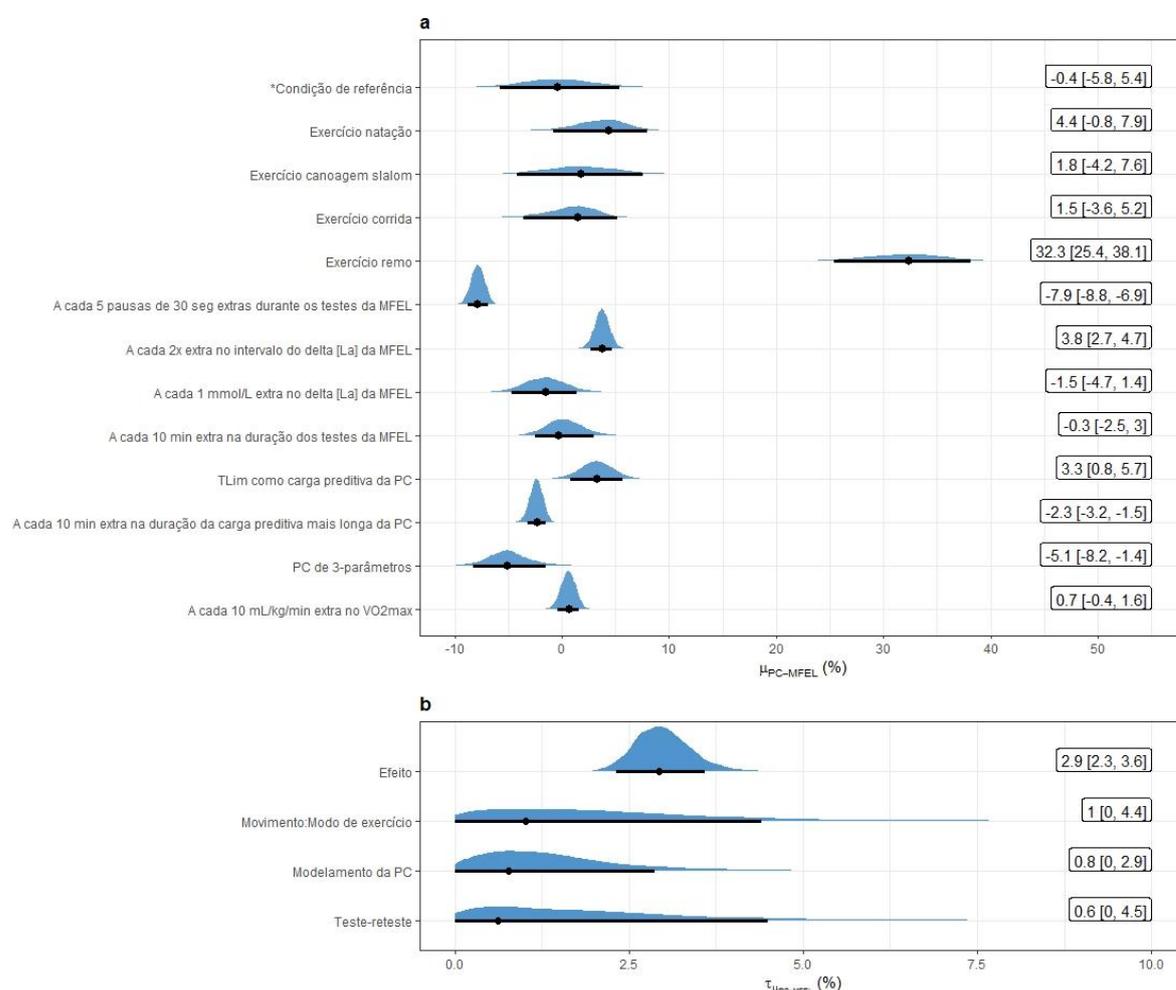
Diferença média

A partir de 99 tamanhos de efeito, a Figura 24 mostra a condição de referência (ou seja, uma interceptação ajustada para o valor mais baixo de covariáveis contínuas observadas nos estudos incluídos e para exercício de ciclismo) e os efeitos modificadores em relação a essa condição de referência, além da heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para as diferenças médias entre MFEL e PC ($\mu_{PC-MFEL}$). Os preditores inseridos na meta-regressão explicaram 84% [90% ICr, 73% a 91%] (ou seja, Pseudo R²) da heterogeneidade entre os efeitos.

Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 24, $\mu_{PC-MFEL}$ foi claramente maior (ou seja, toda a distribuição posterior está fora da ROPE) para remo em comparação a todos os outros modos de exercício (pROPE _{μ} = 0/0/100%). Não houve diferenças claras (ou seja, a distribuição posterior ficou dentro das três regiões da ROPE) em $\mu_{PC-MFEL}$ para corrida (pROPE _{μ} = 9/72/19%), natação (pROPE _{μ} = 3/36/61%) e caiaque (pROPE _{μ} = 9/54/37%) quando comparados ao ciclismo. A $\mu_{PC-MFEL}$ para corrida *versus* natação (pROPE _{μ} = 47/49/4%) e caiaque (pROPE _{μ} = 30/54/16%), e entre natação e caiaque (pROPE _{μ} = 12/50/38%) foram incertas. Para os parâmetros de ajuste da PC, o modelo de 2 parâmetros apresentou uma probabilidade considerável de ser maior do que o modelo de 3

parâmetros ($p_{ROPE\mu} = 0/16/84\%$). Os testes preditivos realizados durante TLim produziram um efeito $\mu_{PC-MFEL}$ similar ou maior do que os testes de CR, mas não menor ($p_{ROPE\mu} = 0/43/57\%$).

Figura 24 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e PC.



Fonte: Elaborada pelo autor.

*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, a MFEL com uma duração de teste de 20 min sem pausas, o delta [La] da MFEL de 0,5 mmol/L entre o 10º e 20º min, a PC ajustada pelo modelo de 2 parâmetros, o teste de contrarrelógio com a carga preditiva de 5 min e o $\dot{V}O_{2max}$ dos sujeitos de 37,0 mL/kg/min.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores.

Abreviações: MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TLim = tempo de exaustão; $\dot{V}O_2\max$ = consumo máximo de oxigênio; [La] = concentração de lactato no sangue; $\mu_{PC-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e a PC; $\tau_{\mu_{PC-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito diferença média entre a MFEL e a PC

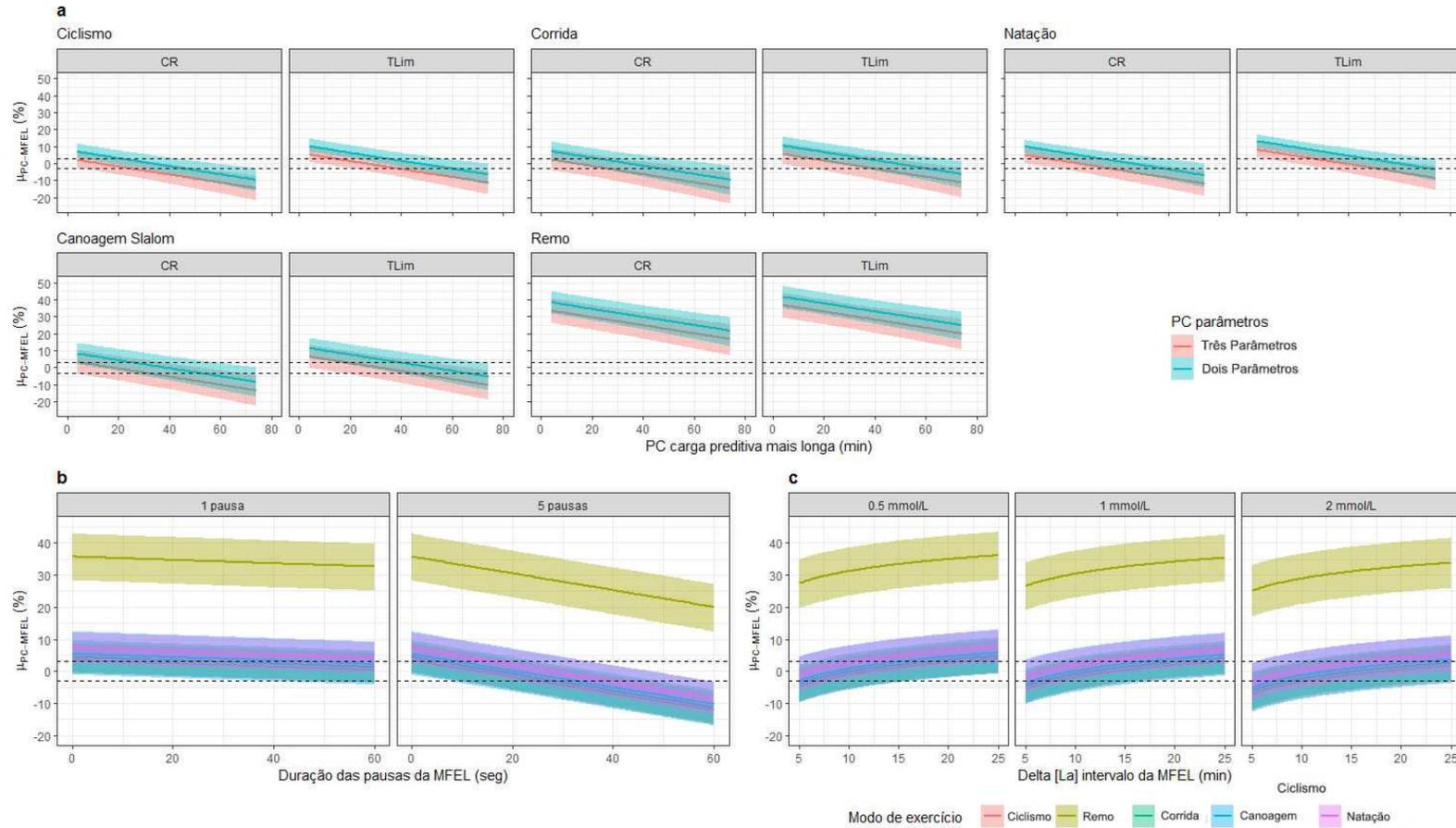
Para prever a $\mu_{PC-MFEL}$ a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \mu_{PC-MFEL} = & -14,59 + (Remo \times 31,92) + (Corrida \times 0,80) + \\ & (Canoagem\ slalom \times 1,80) + (Natação \times 3,49) + \\ & (MFEL\ pausas:MFEL\ duração\ das\ pausas \times -0,05) + (MFEL\ \Delta\ [La] \times -1,53) + \\ & (\log_2[MFEL\ \Delta\ [La]\ intervalo] \times 3,73) + (MFEL\ duração\ dos\ testes \times 0,03) + \\ & (PC\ cargas\ preditivas\ TLim \times 3,25) + (PC\ carga\ preditiva\ mais\ longa \times -0,24) + \\ & (PC\ de\ 2 - parâmetros \times 4,88) + (\dot{V}O_2\max \times 0,06) \end{aligned} \quad (Eq. 113)$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, as cargas preditivas da PC para testes de CR, a PC modelada por uma equação de 3 parâmetros e as demais covariáveis são contínuas. Note que *MFEL pausas:MFEL duração das pausas* é uma interação de duas variáveis contínuas, portanto ambas devem ser multiplicadas pela constante β -0,05, e.g., 5 pausas de 30 seg cada: $-0,05 \times 5 \times 30 = -7,5$.

A Figura 25 fornece uma visão geral dos efeitos condicionais derivados da meta-regressão para os efeitos $\mu_{PC-MFEL}$.

Figura 25 – Efeitos condicionais para a diferença percentual média entre a MFEL e a PC em relação ao modo de exercício e o tipo de teste preditivo e parâmetros da PC (a), número e duração das pausas na MFEL (b) e o critério e intervalo de tempo do delta [La] na MFEL (c).



Fonte: Elaborada pelo autor.

No painel a, os efeitos foram ajustados para um teste de MFEL de 30 min, delta [La] de 1 mmol/L entre o 10° e 30° min, sem pausas para ciclismo e com uma pausa de 30 seg para corrida, natação, canoagem *slalom* e remo, e um $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54,1 mL/kg/min. No painel b, os efeitos foram ajustados para um teste de MFEL de 30 minutos, delta [La] de 1 mmol/L entre o 10° e 30° min, e um $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54,1 mL/kg/min. No painel c, os efeitos foram ajustados para um teste de MFL de 30 min, sem pausas, e um $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54,1 mL/kg/min. As linhas horizontais tracejadas representam os limites superior e inferior da região de equivalência prática estabelecida em $\pm 3\%$. As linhas e barras de erro são a mediana posterior e os intervalos de credibilidade de 90%, respectivamente.

Abreviações: CR = contrarrelógio; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TLim = tempo de exaustão; [La] = concentração de lactato no sangue; $\mu_{PC-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e a PC

Desvio padrão das diferenças

A partir de 84 tamanhos de efeito, a Figura 26 apresenta a condição de referência e os efeitos modificadores em relação a esta referência, bem como a heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para $\sigma_{PC-MFEL}$. Ocorreu uma considerável heterogeneidade entre os efeitos, no entanto, negligenciável para Movimento: Modo de Exercício, ajuste de PC e Teste-teste efeitos a nível de grupo. O Pseudo- R^2 foi de 59% [90% ICr, 34% a 77%].

Quando controlado pelos preditores apresentados na Figura 26, o $\sigma_{PC-MFEL}$ da corrida apresentou altas probabilidades de ser menor do que o ciclismo (pROPE σ = 93/6/1%), remo (pROPE σ = 100/0/0%), natação (pROPE σ = 94/4/2%) e caiaque (pROPE σ = 94/4/2%). Além disso, o $\sigma_{PC-MFEL}$ foi maior para o remo do que para todos os outros modos de exercício (pROPE σ = 0/0/100% para ciclismo, 1/1/98% para natação e 3/5/92% para caiaque). Ocorreram diferenças incertas entre caiaque e natação (pROPE σ = 64/19/17%), ciclismo e natação (pROPE σ = 18/33/49%) e ciclismo e caiaque (pROPE σ = 8/14/78%). Probabilidades incertas ocorreram entre o ajuste da PC com 2 e 3 parâmetros (pROPE σ = 30/50/20%) e entre TLim e CR como testes preditivos de PC (pROPE σ = 16/56/28%). A Figura 27 apresenta uma visão geral dos efeitos condicionais derivados da meta-regressão para os efeitos $\sigma_{PC-MFEL}$.

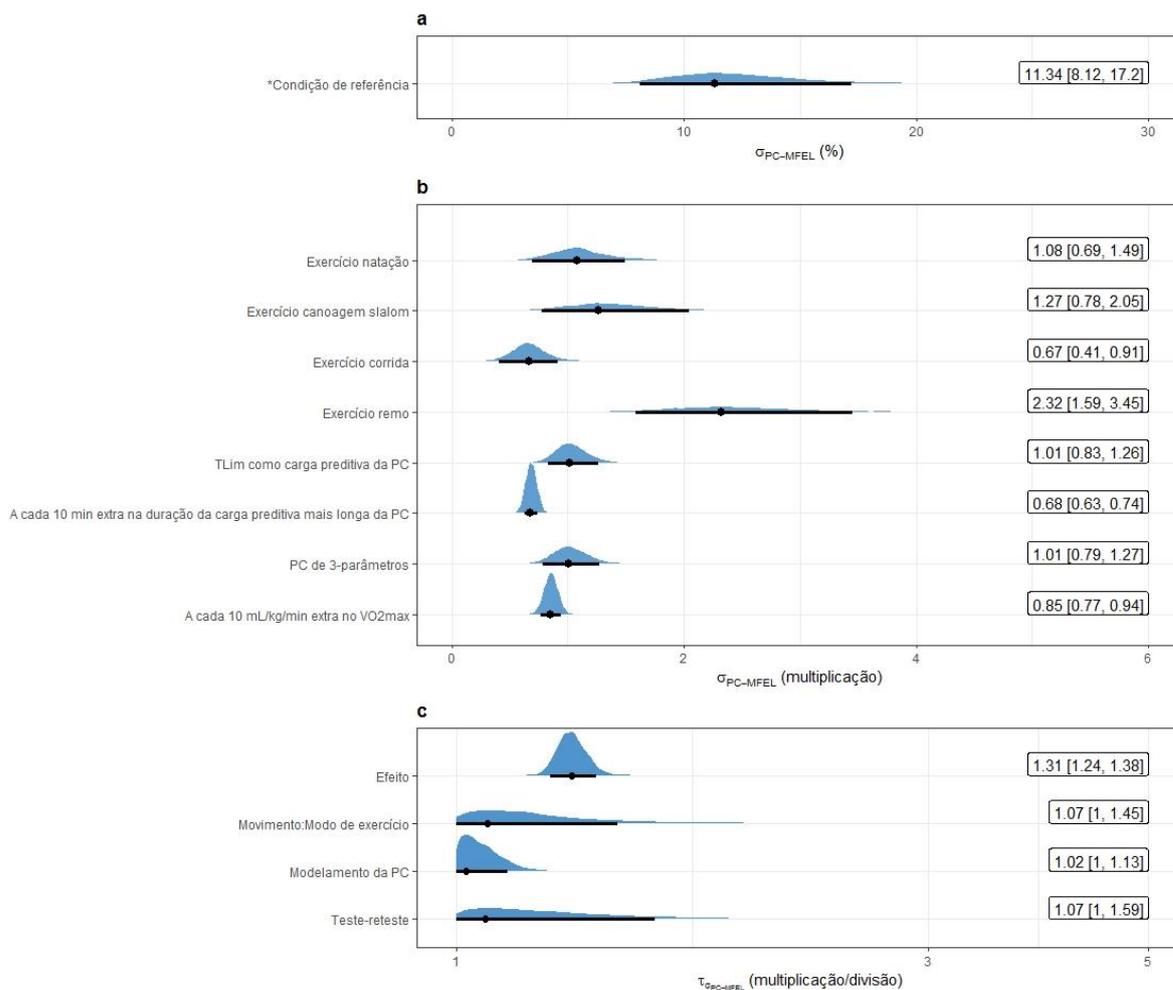
Para prever o $\sigma_{PC-MFEL}$ a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\ln \sigma_{PC-MFEL} = 3,29 + (Remo \times 0,87) + (Corrida \times -0,42) + (Canoagem\ slalom \times 0,29) + (Natação \times 0,08) + (PC\ cargas\ preditivas\ TLim \times 0,03) + (PC\ carga\ preditiva\ mais\ longa \times -0,04) + (PC\ 2 - parâmetros \times -0,02) + (\dot{V}O_2max \times -0,02) \quad (Eq. 114)$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, as cargas preditivas da PC para testes de CR, a PC modelada por uma equação de 3 parâmetros e as demais covariáveis são contínuas.

Note que o $\ln \sigma_{PC-MFEL}$ é predito na Equação 114 em escala logarítmica, para determinar o $\sigma_{PC-MFEL}$ em percentual é preciso aplicar uma transformação exponencial.

Figura 26 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* (a), os efeitos modificadores em relação à referência (b) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão entre tamanhos de efeitos (c) para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e PC.



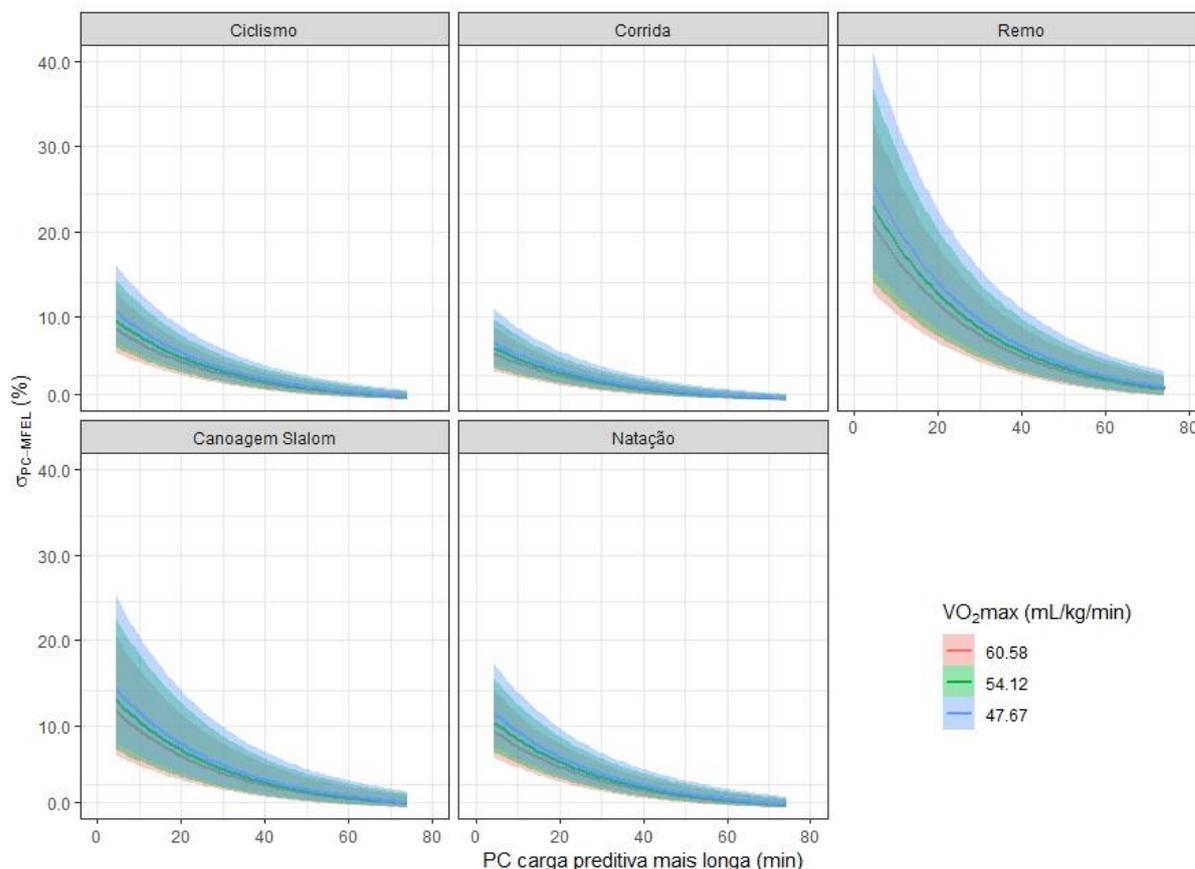
Fonte: Elaborada pelo autor.

*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, a PC ajustada pelo modelo de 2 parâmetros, o teste de contrarrelógio com a carga preditiva de 5 min e o $\dot{V}O_2$ max dos sujeitos de 37,0 mL/kg/min.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores. No painel **a**, a estimativa é mostrada como uma porcentagem, no painel **b** como vezes, ou seja, efeito multiplicativo em relação à condição de referência, e no painel **c** o desvio padrão entre os tamanhos do efeito como vezes/dividido.

Abreviações: Abreviações: CR = contrarrelógio; MFEL = máxima fase estável de lactato sanguíneo; TLim = tempo de exaustão; $\dot{V}O_{2max}$ = consumo máximo de oxigênio; $\sigma_{PC-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o PC; $\tau_{\sigma_{PC-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito desvio padrão da diferença entre a MFEL e a PC

Figura 27 – Efeitos condicionais para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e PC em relação ao modo de exercício, duração da carga preditiva mais longa da PC e o $\dot{V}O_{2max}$ dos sujeitos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados são ajustados para o CP ajustado por uma equação de 2 parâmetros a partir dos testes preditivos de TTE e os níveis de $\dot{V}O_{2max}$ são a média, média mais e menos um desvio padrão das amostras dos estudos incluídos. As linhas e as barras são a mediana posterior e os intervalos de credibilidade de 90%, respectivamente.

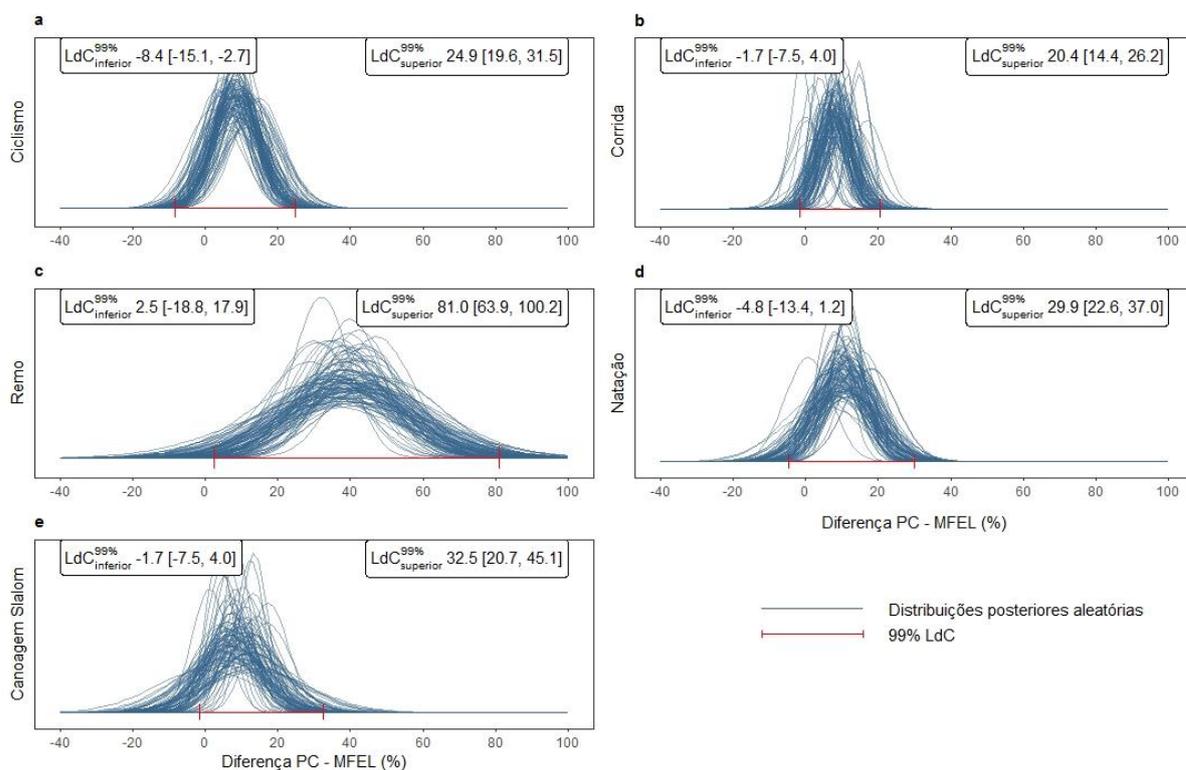
Abreviações: MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; $\dot{V}O_{2max}$ = consumo máximo de oxigênio; $\sigma_{PC-MFEL}$ = desvio padrão das diferenças entre a MFEL e a PC

Limites de concordância

A Figura 28 fornece uma visão completa dos LdC (e dos limites inferiores e superiores mais prováveis de $LdC^{99\%}$) entre o protocolo tradicional de MFEL e a PC determinada pelo modelo de 2 parâmetros com o teste preditivo mais longo de 15 min (mais detalhes são

fornechos na nota de rodapé da Figura 28). Para essas comparações ajustadas entre MFEL e PC, para todos os modos de exercício, as densidades das amostras posteriores do intervalo de concordância mostram que o PC ocorre acima do MFEL na maioria dos sujeitos.

Figura 28 – Cem extrações aleatórias posteriores de $\mu_{PC-MFEL}$ e $\sigma_{PC-MFEL}$ para gerar a estimativa posterior completa dos limites de concordância ao nível do sujeito entre a MFEL e o PC.



Fonte: Elaborada pelo autor.

$\mu_{PC-MFEL}$ é ajustada para testes de MFEL de 30 min, delta [La] de 1 mmol/L entre o 10° e o 30° min, sem pausas para ciclismo e uma pausa de 30 seg para corrida, remo, natação e canoagem *slalom*. A PC é ajustada para o teste preditivo mais longo de 15 min durante um teste de tempo de exaustão e ajustado por uma equação de 2 parâmetros, e o $\dot{V}O_2\max$ dos sujeitos é ajustado para 54,1 mL/kg/min. $\sigma_{PC-MFEL}$ é ajustado para PC com o teste preditivo mais longo de 15 min durante um teste de tempo de exaustão e ajustado por uma equação de 2 parâmetros, e o $\dot{V}O_2\max$ dos sujeitos é ajustado para 54,1 mL/kg/min. Os $LdC^{99\%}$ foram calculados como $\mu_{PC-MFEL} \pm (\sigma_{PC-MFEL} \times 2.567)$ e sua interpretação é como os limites de concordância da análise gráfica de Bland e Altman. Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] da distribuição posterior.

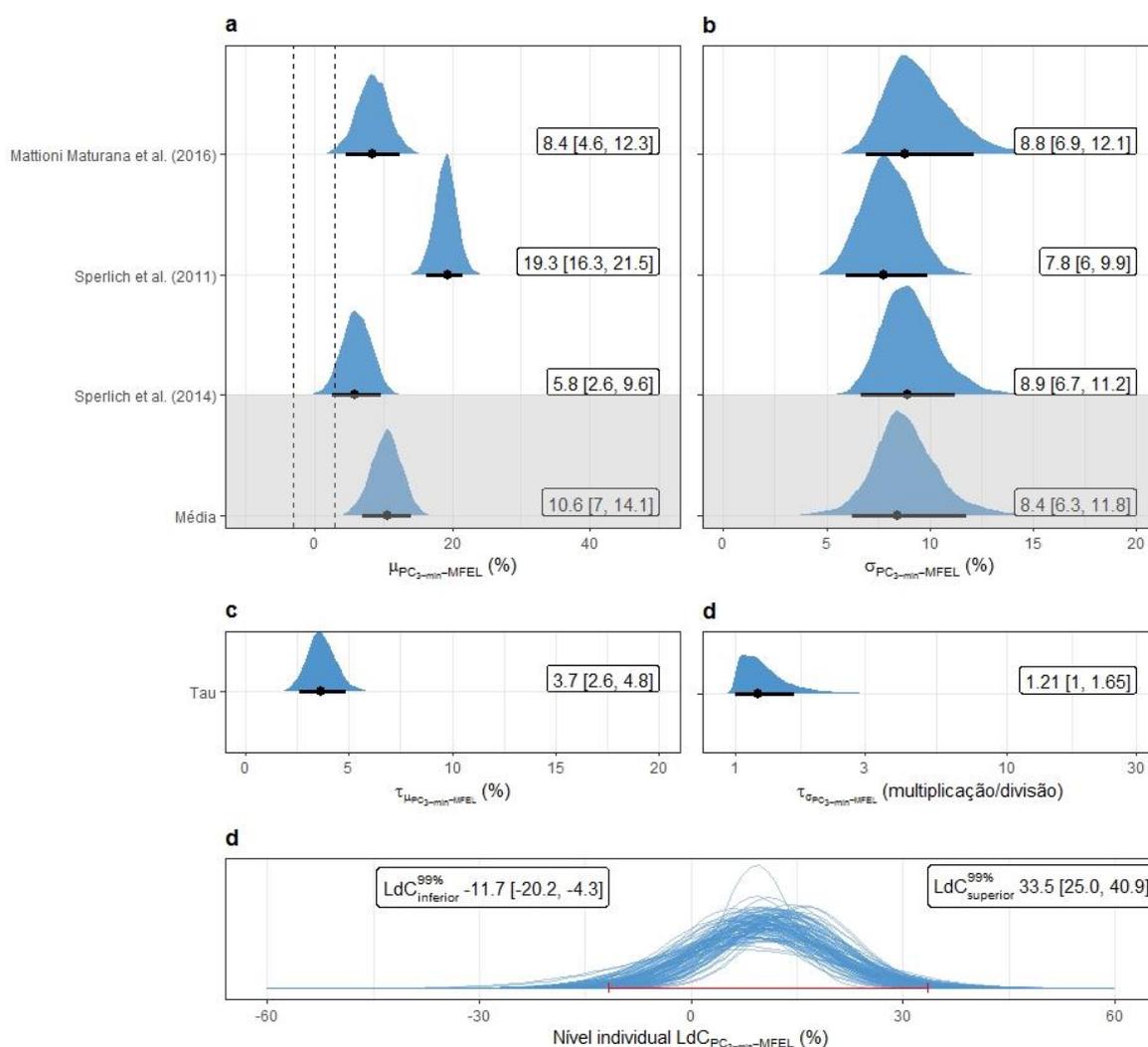
Abreviações: MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; PC = potência crítica; $\mu_{PC-MFEL}$ = diferença média entre a máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo e a potência crítica; $\sigma_{PC-MFEL}$ = desvio padrão das diferenças entre a máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo e a potência crítica; $LdC_{inferior}^{99\%}$ =

limite inferior dos limites de concordância de 99%; $LdC_{\text{superior}}^{99\%}$ = limite superior dos limites de concordância de 99%.

5.3.4.2 Comparação MFEL e PC estimada pelo teste de 3-min all-out

Os parâmetros de concordância meta-analisados posteriores entre MFEL e $PC_{3\text{-min}}$ são mostrados na Figura 29. A probabilidade posterior da estimativa da população da $PC_{3\text{-min}}$ para $\mu_{PC_{3\text{-min}}-MFEL}$ ser maior que a MFEL foi de 100% (ou seja, $p_{ROPE\mu} = 0/0/100\%$). A estimativa posterior do $LdC^{99\%}$ inferior e superior ao nível do sujeito foi de -11,7% [90% ICr, -20,2% a -4,3%] e 33,5% [90% ICr, 25,0% a 40,9%], respectivamente.

Figura 29 – Gráfico de floresta bayesiano para os efeitos parciais dos estudos incluídos e o efeito médio meta-analisado (populacional) para a diferença média (a) e desvio padrão das diferenças (b), desvio padrão entre os estudos (tau) para a diferença média (c) e desvio padrão das diferenças (d), e 100 amostras posteriores selecionadas aleatoriamente para a distribuição completa dos limites de concordância.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os pontos e as linhas em painéis **a**, **b**, **c** e **d** são, respectivamente, a moda e intervalos de credibilidade de 90% com maior densidade da distribuição posterior. A linha no painel **e** é o limite de concordância de 99% com maior probabilidade posterior; ou seja, a modas de $\mu_{PC3-min-MFEL} \pm (\sigma_{PC3-min-MFEL} \times 2.567)$. As linhas tracejadas horizontais representam os limites superior e inferior da região de equivalência prática estabelecida em $\pm 3\%$. Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] da distribuição posterior.

Abreviações: LdC = limites de concordância; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; PC_{3-min} = potência crítica estimada a partir do teste de três minutos *all-out*; $\mu_{PC3-min-MFEL}$ = diferença média entre MFEL

e $PC_{3-\min}$; $\sigma_{PC_{3-\min}-MFEL}$ = desvio padrão da diferença entre MFEL e $PC_{3-\min}$; $\tau_{\mu_{PC_{3-\min}-MFEL}}$ = desvio padrão entre os estudos para o tamanho do efeito $\mu_{PC_{3-\min}-MFEL}$; $\tau_{\sigma_{PC_{3-\min}-MFEL}}$ = desvio padrão entre os estudos para o tamanho do efeito $\sigma_{PC_{3-\min}-MFEL}$

5.4 DISCUSSÃO

Os principais achados do estudo atual são que as diferenças entre a MFEL e a PC são moduladas por alguns aspectos metodológicos inerentes aos seus protocolos. Aspectos inovadores desta revisão residem na análise de "erros médios e aleatórios" dos tamanhos de efeito de concordância entre esses índices aeróbios, que permitem a predição não somente de efeitos a nível populacional (*i.e.*, médias da $\mu_{PC-MFEL}$ e $\sigma_{PC-MFEL}$) quanto a nível dos sujeitos com os LdC, ambos específicos dadas a covariáveis de interesse. Além disso, a utilização de meta-regressões permitiu uma avaliação mais abrangente dos fatores que impactam o nível de concordância entre vários modos de exercício. Isso é particularmente difícil de avaliar dentro do mesmo grupo de indivíduos.

Recentemente, Galán-Rioja et al. (2020) realizaram uma revisão sistemática com uma meta-análise sobre a 'proximidade' entre a MFEL e PC. Ao contrário da nossa análise, os autores incluíram apenas estudos realizados na modalidade ciclismo, e a PC foi determinada pelo modelo de 2 parâmetros ou derivado do teste de $PC_{3-\min}$. Algumas falhas podem ser apontadas em sua análise, uma vez que os autores meta-analisaram os coeficientes de correlação, que mostraram limites do IC improváveis (ou seja, menor que -1,0 e maior que +1,0). Eles encontraram uma diferença média de 11%, mas não forneceram intervalos de confiança ou valores de heterogeneidade. Esse resultado deve ser interpretado com cautela porque as covariáveis envolvidas não foram consideradas em sua análise. Este estudo recebeu algumas críticas em relação às suposições conceituais sobre o "verdadeiro" limite entre os domínios de intensidade pesado e severo (GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2021; KEIR et al., 2021), bem como em relação às dependências de protocolo que levam a problemas com uma média simples meta-analisada (KEIR et al., 2021) para comparação entre limiares de intensidade de exercício. Nossos resultados reforçam a ideia de que cautela deve ser tomada ao realizar uma meta-análise de comparação entre limiares de intensidade de exercício que são metodologicamente dependentes. Como observado nos valores de Pseudo- R^2 , a inclusão de covariáveis na meta-análise para os efeitos de média ($\mu_{PC-MFEL}$) e Sdiferença ($\sigma_{PC-MFEL}$) reduziu

a heterogeneidade entre estudos em 84% [90% ICr, 73% a 91%] e 59% [90% ICr, 34% a 77%], respectivamente.

Nossas descobertas são apoiadas por uma série de investigações anteriores, principalmente para os efeitos de diferenças médias. Por exemplo, a MFEL ocorre em intensidades mais altas de exercício em testes com mais pausas (BENEKE et al., 2003; D'ANGELO, 2008; DE LUCAS et al., 2012; OKUNO et al., 2011; SANTHIAGO, 2009) e/ou com pausas mais longas (BENEKE et al., 2003; DITTRICH et al., 2014), o que permite a remoção parcial da [La] da corrente sanguínea e, conseqüentemente, a obtenção do 'estado estável' em intensidades mais altas (BENEKE et al., 2003). O critério delta e o período para o critério de delta na [La] também levam a diferentes intensidades de MFEL (BENEKE, 2003a; IANNETTA et al., 2022; NIXON et al., 2021). Para a PC, é bem conhecido que cargas preditivas mais longas levam a uma estimativa menor da PC e que a PC derivada de um modelo de 3 parâmetros é menor do que o modelo de 2 parâmetros (BULL et al., 2000, 2008; MATTIONI MATURANA et al., 2018), e que a PC é maior quando os TLim são realizados em vez de CR como cargas preditivas (COAKLEY; PASSFIELD, 2018). Outras covariáveis, como o efeito do modo de exercício nos parâmetros de concordância entre a MFEL e a PC, não foram determinadas em estudos a nível dos sujeitos. Além disso, quais covariáveis potenciais poderiam influenciar na dispersão das diferenças (ou seja, $\sigma_{PC-MFEL}$) foram pouco exploradas. Portanto, as meta-regressões "controlando" os fatores de confusão fornecem uma visão valiosa sobre isso.

Em relação ao modo de exercício, a principal descoberta é que a PC ocorre em uma intensidade muito maior do que a MFEL para remo em comparação com todos os outros modos de exercício. Outros exercícios, como corrida, ciclismo, natação e caiaque apresentaram diferenças médias semelhantes entre MFEL e PC. Para os erros aleatórios de concordância ($\sigma_{PC-MFEL}$ ou LdC), a corrida apresentou os valores mais baixos e o remo os mais altos em relação a todos os outros modos de exercício, e as comparações entre todas as outras modalidades foram incertas. Em relação às diferenças médias no remo serem muito altas, certamente, há uma limitação para essa inferência porque apenas um estudo comparou esses índices durante este exercício (POSSAMAI et al., 2022). Curiosamente, uma abordagem de simulação mostrou que o protocolo tradicional MFEL subestima mais o "verdadeiro estado estável limite de lactato" (no qual as taxas de formação e utilização de lactato são iguais e

máximas) no remo do que no ciclismo (BENEKE, 2003b), o que poderia explicar tais descobertas. Portanto, mais dados são necessários para estabelecer a raiz de tais descobertas.

A comparação entre MFEL e PC tem produzido um intenso debate na literatura científica do esporte. O protocolo da MFEL foi proposto para estimar a maior intensidade de exercício com equilíbrio entre a entrada e remoção de lactato na corrente sanguínea (HECK et al., 1985; WACKERHAGE et al., 2022). Ao longo dos anos, a MFEL se tornou um protocolo padrão para a "validação" de muitos limiares fisiológicos, incluindo a PC. Assim, por muitas décadas, a MFEL foi considerada o limiar "padrão-ouro" para a demarcação da fronteira entre os domínios de intensidade pesado e severo (CARTER; JONES; DOUST, 1999; JONES; DOUST, 1998; PRINGLE; JONES, 2002; SMITH; JONES, 2001). No entanto, foi “deposto” desse posto alguns anos atrás pelo mesmo grupo que o “coroou”, sendo sucedido em seu reinado pela PC (JONES et al., 2019), com um intenso debate seguindo essa publicação (DOTAN, 2022a, 2022b, 2022c; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2021; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2019).

Matematicamente, a PC é a assíntota de potência da relação potência-tempo (MONOD; SCHERRER, 1965), e quando os testes preditivos são realizados dentro de uma determinada faixa de duração (~2 a 15 min) (JONES et al., 2010; MUNIZ-PUMARES et al., 2019), é sugerido que forneça uma estimativa do $\dot{M}\dot{V}O_2SS$ (HILL; POOLE; SMITH, 2002; JONES et al., 2010, 2019; MUNIZ-PUMARES et al., 2019; POOLE et al., 1988; POOLE; WARD; WHIPP, 1990). Sendo essa a suposição mais utilizada para a demarcação de intensidade do limite entre os domínios pesado e severo (JONES et al., 2010, 2019; POOLE et al., 1988). Vários estudos que determinaram a PC a partir de testes preditivos dentro de 2-15 min ou PC_{3-min} e, em seguida, realizaram um teste até a exaustão 'ligeiramente' acima da PC (+2,4% a 12,5%), verificaram que, em média, o pico no $\dot{V}O_2$ durante este teste não foi diferente de $\dot{V}O_{2max}$ (BROXTERMAN et al., 2013; BURNLEY; DOUST; VANHATALO, 2006; DE LUCAS et al., 2013; HILL; POOLE; SMITH, 2002; MURGATROYD et al., 2014; NIXON et al., 2021; VANHATALO et al., 2016; WILLIAMS et al., 2008). Por outro lado, estudos recentes utilizaram outra abordagem na qual o $\dot{M}\dot{V}O_2SS$ foi determinado usando várias cargas constantes de exercício de ciclismo separadas por 10-15 watts (IANNETTA et al., 2022; OZKAYA et al., 2022). Ozkaya et al. (2022) verificaram em ciclistas bem treinados que a PC (testes preditivos de 2-15 min) subestimou o $\dot{M}\dot{V}O_2SS$ (diferença média = -23 watts, $LdC^{95\%} =$

-1 a -45 watts), enquanto Iannetta et al. (2022) encontraram em ciclistas treinados uma diferença média mais próxima de -8 a 11 watts (faixa individual de diferenças variou de \sim -25 a \sim 30 watts) dependendo do modelo de PC (IANNETTA et al., 2022). Portanto, tais descobertas podem reforçar que a PC é apenas uma estimativa da fronteira das intensidades dos domínios pesado e severo.

Ainda considerando a questão do atingimento do $\dot{V}O_2\text{max}$, há evidências robustas de que o protocolo tradicional da MFEL (ou seja, testes de 30 min com um delta de 1 mmol/L nos últimos 20 min) não representa o $M\dot{V}O_2\text{SS}$ (BARBOSA et al., 2009; IANNETTA et al., 2022; NIXON et al., 2021; OZKAYA et al., 2022). No entanto, exercitar-se em cargas de trabalho 'ligeiramente' (+2,5% a 8,1%) acima da MFEL produz um aumento inexorável na [La] ao longo do tempo (AZEVEDO et al., 2021; BORSZCZ, 2018; HECK et al., 1985; IANNETTA et al., 2018, 2019; MATTIONI MATURANA et al., 2016, 2017; OZKAYA et al., 2022; PELARIGO et al., 2016; SMITH; JONES, 2001), reduzindo significativamente a força voluntária máxima e prejudicando a função contrátil muscular (AZEVEDO et al., 2021), modificando características biomecânicas da natação (PELARIGO et al., 2016) e prejudicando o desempenho subsequente do exercício (IANNETTA et al., 2018). Além disso, recentemente Hill; McFarlin; Virgren (2021) verificaram que o exercício abaixo da MFEL (delta [La] de 0 mmol/L entre o 8° e o 30° min) foi caracterizado por um modelo de dois componentes (primário + lento) na cinética do $\dot{V}O_2$, no entanto, quando o exercício é realizado 'ligeiramente' (+3%) ou 'bem acima' (+12%) da MFEL, um aumento adicional atrasado no $\dot{V}O_2$ foi observado em \sim 15 min. Tais descobertas desafiam a visão tradicional sobre a cinética do $\dot{V}O_2$ entre os domínios de intensidade do exercício (moderado [componente primário e estado estável >3 min], pesado [componentes primário + lento e estado estável $>5-10$ min] e severo [componente primário + lento que leva ao $\dot{V}O_2\text{max}$]). Assim, considerando coletivamente esses aspectos, a MFEL (protocolos com delta em [La] de 0 a 1 mmol/L entre o 8-10° e o 30° min) não é uma estimativa do limiar que representa o atingimento do $\dot{V}O_2\text{max}$, no entanto, esses aspectos sugerem uma importante fronteira de intensidade do exercício (HILL; MCFARLIN; VINGREN, 2021; OZKAYA et al., 2022; TOUBEKIS; TOKMAKIDIS, 2013).

Investigações recentes propuseram uma série de modificações no protocolo da MFEL, como a duração dos testes (NIXON et al., 2021), a faixa de durações para determinação do delta na [La] (IANNETTA et al., 2022; NIXON et al., 2021), bem como diferentes critérios no delta

da [La] (IANNETTA et al., 2022; NIXON et al., 2021). Iannetta et al. (2022) verificaram que a MFEL "modificada" com um delta [La] de 1 mmol/L entre 15° e 30° e entre 20° e 30° min (ambos protocolos geraram exatamente a mesma potência em todos os sujeitos) foram em média 2 watts "diferentes" do $\dot{M}\dot{V}O_2SS$ (variação das diferenças individuais de ~-10 a 10 watts) durante o exercício de ciclismo. Em outro estudo de Nixon et al. (2021), foi proposto um delta na [La] "modificado" de 2 mmol/L entre o 10° e 20° min e relataram que a MFEL não diferiu da velocidade crítica de corrida. Portanto, dependendo de como a MFEL e a PC são conduzidos, eles podem ser semelhantes ou não. Se compararmos o protocolo "tradicional" da MFEL com a PC previsto por testes com duração de 2 a 15 min, eles representam intensidades de exercício diferentes, independentemente da modalidade de exercício (Figura 28). Nesse sentido, alguns assumiram um domínio de intensidade entre a MFEL e a PC, como uma transição de "moderada para muito intensa" (TOUBEKIS; TOKMAKIDIS, 2013) ou uma "zona cinzenta" (OZKAYA et al., 2022).

Em relação ao PC_{3-min} , nossas inferências foram limitadas devido ao pequeno número de estudos. Em geral, o PC_{3-min} foi maior do que a MFEL com alguma heterogeneidade, já os $S_{diferença}$ ($\sigma_{PC_{3-min}-MFEL}$) foram consistentes entre os estudos. A possível heterogeneidade para os efeitos de $\mu_{PC_{3-min}-MFEL}$ poderia ser atribuída ao modo de exercício, pois há um estudo na corrida (SPERLICH et al., 2014) e dois no ciclismo (MATTIONI MATURANA et al., 2016; SPERLICH et al., 2011). Além disso, Sperlich et al. (2011) realizaram a PC_{3-min} no ciclismo usando o ergômetro no modo isocinético, enquanto Mattioni-Maturana et al. (2016) utilizaram o 'tradicional' modo linear deste teste. Curiosamente, Sperlich et al. (2011) encontraram que a PC_{3-min} superestimou a MFEL mais do que o observado por Mattioni-Maturana et al. (2016). Contraditoriamente, um estudo anterior descobriu que o PC_{3-min} foi maior durante o teste no modo linear do que no isocinético em uma coorte de ciclistas (WRIGHT; BRUCE-LOW; JOBSON, 2017). Portanto, é difícil explicar essas descobertas.

A dispersão das diferenças é um aspecto novo desta revisão, uma vez que poucos estudos abordaram isso em meta-análises, ainda mais no campo da ciência do esporte. Nossas descobertas com base nos tamanhos do efeito são que quanto mais longas foram as cargas preditivas da PC, menor foi o $\sigma_{PC-MFEL}$. À medida que o exercício se torna mais longo, as mudanças na duração têm pequenos efeitos sobre a intensidade. Outra covariável que mostrou influência sobre a dispersão das respostas foi o $\dot{V}O_2max$ dos sujeitos. Estudos com valores de

$\dot{V}O_2\text{max}$ médios mais altos apresentaram valores mais baixos de $\sigma_{PC-MFEL}$. Pode-se presumir que amostras mais treinadas têm menos variabilidade dia a dia (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001) e estão mais familiarizadas com testes de desempenho. De acordo com isso, Greco et al. (2012) verificaram um $\sigma_{PC-MFEL}$ menor em ciclistas bem treinados (5,1% a 5,3%) do que em indivíduos ativos (6,4% a 7,0%). Intrigantemente, nossos resultados demonstraram que o $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos não influenciou $\mu_{PC-MFEL}$, enquanto Greco et al. (2012) verificaram uma diferença clara entre ciclistas (10,4% a 12,8%) e indivíduos ativos (20,1% a 23,2%). O $\dot{V}O_2\text{max}$ pode não ser o melhor indicador de nível de condicionamento ou marcador de *status* de treinamento (PODLOGAR; LEO; SPRAGG, 2022). No entanto, a presente tese incluiu diferentes modos de exercício e a classificação do estado de treinamento pode mudar de modalidade para modalidade, além disso, classificações categóricas, tais como, sedentário, treinado, bem treinado *etc.*, devem ser evitadas nas análises de regressão (ALTMAN; ROYSTON, 2006).

5.5 APLICAÇÕES PRÁTICAS

Este estudo de revisão não é a solução final para as discussões inflamadas na literatura sobre a comparação entre MFEL e PC sobre quem é o "padrão ouro" do limite pesado-severo. No entanto, este estudo fornece uma estimativa de prováveis covariáveis que influenciam o nível de concordância entre a MFEL e PC. Tomados em conjunto os resultados da presente meta-regressão e as descobertas do estudo discutido acima, pode-se assumir que: I) o protocolo de MFEL 'tradicional' e a PC determinado a partir de testes de 2-15 min ou estimado pelo $PC_{3\text{-min}}$ não representam a mesma intensidade de exercício; II) dependendo dos desenhos dos testes da MFEL e PC, a proximidade entre eles muda; III) tanto a MFEL quanto a PC são estimativas de referência de intensidade de exercício com limitações inerentes.

6 CONCORDÂNCIA ENTRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E O TESTE DE LACTATO MÍNIMO

6.1 INTRODUÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E O TESTE DE LACTATO MÍNIMO

O LACM é um método utilizado para identificar a máxima intensidade de exercício em que o lactato atinge um estado estável de entrada e remoção na corrente sanguínea (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993). O protocolo original do LACM, proposto por Tegtbur; Busse; Braumann (1993), envolve três fases: Fase 1, que é um exercício de alta intensidade para induzir a hiperlactatemia; Fase 2, um período de recuperação de 8 min durante o qual a [La] atinge seu nível mais alto; e Fase 3, um teste incremental de exercício para identificar a carga de trabalho do exercício em que [La] atinge seu nível mais baixo. Durante a Fase 3, espera-se que a [La] seja inicialmente alta, mas diminua e depois aumente novamente em uma forma de "U" quando plotada em relação à carga de trabalho (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993). A intensidade do LACM corresponde ao ponto mais baixo na cinética do lactato em forma de "U".

Tegtbur; Busse; Braumann (1993) publicaram este estudo no início dos anos 90, mas Davis et al. (1983) e Davis; Gass (1979, 1981) observaram um comportamento semelhante de lactato em forma de "U" durante testes incrementais repetidos de exercício já em 1979-1983. Davis et al. (1983) e Davis; Gass (1979, 1981) também observaram que a carga de trabalho no ponto mais baixo de lactato nos 2º e 3º testes era semelhante às cargas de trabalho no lactato “*turnpoint*” no ponto de compensação respiratória (*a.k.a.*, segundo limiar ventilatório), que são usados para indicar a fronteira entre as intensidades de exercício pesado e severo (BENEKE, 2010; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

O LACM é uma forma de medir a intensidade do exercício que é equivalente a MFEL. A maneira tradicional de determinar a MFEL é através de vários testes de carga constante realizados ao longo de vários dias. A MFEL é identificada como a intensidade de exercício mais alta em que há uma mudança <1 mmol/L na [La] durante os últimos 20 min de exercício (BENEKE, 1995, 2003a, 2010; HECK et al., 1985). O LACM supera a impraticabilidade dos vários dias de teste necessários para o método da MFEL. Em um estudo de Tegtbur et al. (1993),

corredores de *endurance* e jogadores de basquete realizaram dois testes de 8 km (~30 min), um na velocidade LM e outro a LM +0,2 m/s, e foi observado que houve um estado estável na [La] durante o primeiro teste, enquanto ele aumentou inexoravelmente durante o segundo teste, sugerindo que o LACM é equivalente à MFEL. Anos depois, Jones e Doust (1998) conduziram um estudo em corredores treinados para examinar a precisão do LACM em comparação com o protocolo padrão da MFEL. Os resultados indicaram que a velocidade no LACM foi 4% mais baixa do que na MFEL, e apenas uma correlação moderada foi observada entre os dois índices ($r = 0,61$). Estudos subsequentes realizados nos anos seguintes apresentaram resultados conflitantes, incluindo descobertas de que o LACM se aproximava mais do primeiro limiar de lactato do que do segundo, que é considerado um substituto para o MFEL (DE LUCAS et al., 2000).

O LACM possui uma base fisiológica robusta em comparação aos testes tradicionais de limiar de lactato que são determinados por um único teste incremental (DOTAN, 2012, 2022a; DOTAN et al., 2011). O LACM é um teste baseado no equilíbrio de aparecimento e desaparecimento do [La], que é também a base teórica para o MFEL (BENEKE, 2010; DOTAN, 2012; MADER; HECK, 1986). Enquanto a maioria dos limiares de lactato tradicionais são baseados em derivadas matemáticas, níveis fixos arbitrários de lactato ou identificação visual (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). No entanto, o LACM tem três fases, o que aumenta o número de dependências do protocolo. Além disso, ao longo dos anos, o LACM passou por muitas mudanças em todas as fases (MESSIAS et al., 2017), que foram elegantemente abordadas em uma revisão narrativa (MESSIAS et al., 2017). Vale ressaltar que o tipo de teste realizado durante a Fase 1 (ZAGATTO et al., 2014), a duração e o tipo de atividade (repouso ou exercício de baixa intensidade) na Fase 2 (DENADAI; HIGINO, 2004; HIGINO; DENADAI, 2002), a carga inicial (CARTER; JONES; DOUST, 1999b), o comprimento dos estágios (duração ou distância) (RIBEIRO et al., 2003; TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993) e o método de identificação do menor nível de [La] na Fase 3 (DOTAN et al., 2011) podem afetar a carga de trabalho no LACM.

A concordância entre o LACM e a MFEL é um tópico de debate em curso (DOTAN, 2022a). Isso pode ser devido ao fato de que ambos os testes possuem dependências de protocolo, bem como a influência das características dos indivíduos e do modo de exercício (FONTANA; BOUTELLIER; KNÖPFLI-LENZIN, 2009) na relação entre os dois. Este estudo

aborda os fatores metodológicos que afetam o nível de concordância entre a MFEL e o LACM realizando uma revisão sistemática da literatura existente e realizando uma meta-análise, com o objetivo de identificar os fatores que afetam o nível de concordância entre a MFEL e o LACM usando as características dos estudos e testes como variáveis moderadoras (ou seja, meta-regressão).

6.2 MÉTODOS

6.2.1 Metodologia geral

A descrição dos métodos em relação as etapas da revisão sistemática, tais como, os critérios de inclusão e exclusão, a busca e seleção, extração dos dados e avaliação da qualidade metodológica dos estudos; bem como, da transformação dos dados, cálculo dos tamanhos de efeito e da descrição geral das meta-regressões são detalhados no tópico [METODOLOGIA GERAL COMUM A TODAS AS REVISÕES SISTEMÁTICAS COM META-ANÁLISES](#).

6.2.2 Meta-regressões

As formulações de modelos específicos de meta-regressão são descritas abaixo. Foram modelos multiníveis e multivariados, para lidar com a correlação entre os efeitos derivados do mesmo sujeito através de uma matriz de variância-covariância imputada. Além disso, alguns estudos não forneceram o $\dot{V}O_2\text{max}$ e o número e duração das pausas da MFEL, então essas covariáveis foram imputadas durante o ajuste do modelo, conforme descrito anteriormente (BÜRKNER, 2021).

Para determinar a diferença média percentual entre MFEL e LACM ($\mu_{LACM-MFEL}$) utilizamos um modelo multivariado multinível, a seguir:

$$\begin{aligned} \mu_{LACM-MFEL} \sim & 1 + \text{Exercício} + \text{MFEL pausas} + \text{MFEL duração das pausas} + \\ & \text{MFEL } \Delta [La] + \log_2(\text{MFEL } \Delta [La] \text{ intervalo}) + \text{LACM Fase 1} + \log_2(\text{LACM Fase 2}) + \\ & \text{LACM Fase 3 carga inicial} + \log_2(\text{LACM Fase 3 duração dos estágios}) + \\ & \text{LACM Fase 3 método de identificação} + \dot{V}O_2\text{max} + (1|\text{efeito}) + (0 + \text{sexo}|\text{estudo}) \end{aligned}$$

(Eq. 115)

O desvio padrão das diferenças ($\sigma_{LACM-MFEL}$) foi analisado com transformação logarítmica, e os efeitos do modelo multivariado de vários níveis são apresentados da seguinte forma:

$$\ln \sigma_{LACM-MFEL} \sim 1 + \textit{Exercício} + \textit{LACM Fase 1} + \log_2(\textit{LACM Fase 2}) + \textit{LACM Fase 3 carga inicial} + \log_2(\textit{LACM Fase 3 duração dos estágios}) + \textit{LACM Fase 3 método de identificação} + \dot{V}O_2\textit{max} + (1|\textit{efeito}) + (0 + \textit{sexo}|\textit{estudo})$$

(Eq. 116)

onde:

variáveis independentes:

- $\mu_{LACM-MFEL}$ é a diferença média percentual entre MFEL e o LACM com um erro padrão associado,
- $\ln \sigma_{LACM-MFEL}$ é o $S_{\text{diferença}}$ log-transformado percentual entre MFEL e o LACM com um erro padrão associado,

Efeitos a nível populacional:

- I é o intercepto da meta-regressão,
- *Exercício* é uma variável categórica para modos de exercício (ou seja, ciclismo, corrida, natação e cadeira de rodas),
- *MFEL pausas* consiste no número de pausas da MFEL (como contagem), em alguns estudos, eles foram imputados durante o modelamento MCMC,
- *MFEL duração das pausas* refere-se e a duração de cada pausa (em segundos), em alguns estudos, eles foram imputados durante o modelamento MCMC,
- *MFEL Δ [La]* refere-se ao critério de delta na [La] (em mmol/L),
- *MFEL Δ [La] intervalo* consiste no intervalo de tempo do delta na [La] (em minutos), analisado \log_2 transformado,
- *LACM Fase 1* refere-se ao tipo de testes realizados (TI e sprint),

- *LACM Fase 2* é uma variável contínua da duração da Fase 2 (em minutos),
- *LACM Fase 3 carga inicial* é a carga inicial do teste incremental em percentual em relação a MFEL (continua em % da MFEL),
- *LACM Fase 3 duração dos estágios* é uma variável contínua da duração dos estágios do teste incremental (em minutos),
- *LACM Fase 3 método de identificação* refere-se ao tipo de identificação do LACM (categórico como polinomial, spline e visual)
- $\dot{V}O_2max$ refere-se ao consumo máximo de oxigênio do sujeito normalizada pela massa corporal (continua como mL/kg/min), e em alguns estudos, foi imputado,

Efeitos a nível de grupo:

- *efeito* é um termo de nível de grupo para a identidade (ou seja, interceptação) de cada tamanho de efeito incluído (ou seja, meta-análise de efeitos aleatórios),
- *sexo* é um termo de nível de grupo do *slope* entre os dados codificados como 0 para os homens e 1 para as mulheres e em quando as amostras eram compostas por ambos pela razão de mulheres na amostra, o tau resultante refle a variabilidade entre homens e mulheres.

6.3 RESULTADOS

6.3.1 Seleção dos estudos

A busca nas bases de dados encontrou um total de 446 estudos (com a exclusão de 15 duplicados) e nove estudos foram encontrados no Google Scholar e nas listas de referências. Cada etapa da seleção do estudo é detalhada na Figura 30. De nossa seleção, 28 estudos foram incluídos na presente revisão sistemática e foram meta-analisados (ARRATIBEL-IMAZ, 2013; ARRATIBEL-IMAZ et al., 2016; BARBIERI et al., 2017; CARTER; JONES; DOUST, 1999a; DAUSIN et al., 2019; DOTAN et al., 2011; FONTANA; BOUTELLIER; KNÖPFLI-LENZIN, 2009; JOHNSON; SHARPE; BROWN, 2009; JONES; DOUST, 1998; KELLER; MANUNZIO; WAHL, 2022; KNOEPFLI-LENZIN; BOUTELLIER, 2011; MACINTOSH; ESAU; SVEDAHL, 2002; MADRID et al., 2016; MESSIAS, 2018; PARDONO et al., 2008, 2009; PERRET et al., 2012; PERRET; HARTMANN, 2021; PERRET; KURZEN, 2022;

PUGA et al., 2012, 2021; RIBEIRO et al., 2003, 2004; SOTERO et al., 2009a, 2007, 2009b; WAHL et al., 2017, 2018).

6.3.2 Características dos estudos

As principais características dos estudos estão detalhadas na Tabela 7. Em relação ao sexo dos participantes, apenas um estudo (KELLER; MANUNZIO; WAHL, 2022) utilizou uma amostra completa de mulheres, em outros elas compuseram apenas uma pequena parte da amostra (de 13% a 50%) (CARTER; JONES; DOUST, 1999a; MACINTOSH; ESAU; SVEDAHL, 2002; PERRET et al., 2012; WAHL et al., 2017). Quanto ao modo de exercício, 13 estudos foram realizados em ciclismo (ARRATIBEL-IMAZ et al., 2016; DAUSIN et al., 2019; FONTANA; BOUTELLIER; KNÖPFLI-LENZIN, 2009; JOHNSON; SHARPE; BROWN, 2009; KNOEPFLI-LENZIN; BOUTELLIER, 2011; MACINTOSH; ESAU; SVEDAHL, 2002; MADRID et al., 2016; MESSIAS, 2018; PARDONO et al., 2008, 2009; PERRET; HARTMANN, 2021; PERRET; KURZEN, 2022; WAHL et al., 2017), 13 em corrida (ARRATIBEL-IMAZ, 2013; BARBIERI et al., 2017; CARTER; JONES; DOUST, 1999b; DOTAN et al., 2011; FONTANA; BOUTELLIER; KNÖPFLI-LENZIN, 2009; JONES; DOUST, 1998; PERRET; HARTMANN, 2021; PUGA et al., 2012, 2021; SOTERO et al., 2009a, 2007, 2009b; WAHL et al., 2018), três em natação (KELLER; MANUNZIO; WAHL, 2022; RIBEIRO et al., 2003, 2004), e um corrida de cadeira de rodas (PERRET et al., 2012). A comparação entre o MFEL e o LACM foi avaliada antes e depois de seis semanas de treinamento em um estudo (CARTER; JONES; DOUST, 1999a) e em um teste-reteste (neste caso, apenas o LACM foi determinado duas vezes) em outro (MESSIAS, 2018). Dois estudos determinaram a concordância durante a corrida e o ciclismo na mesma amostra de sujeitos (FONTANA; BOUTELLIER; KNÖPFLI-LENZIN, 2009; PERRET; HARTMANN, 2021). Na mesma amostra de sujeitos, nenhum estudo testou variações na Fase 1. Para a Fase 2, um estudo verificou o efeito de um intervalo padronizado de 8 min em comparação com um intervalo individualizado usando o tempo para atingir o pico na [La] (MESSIAS, 2018). Finalmente, para a Fase 3, diferentes formas de identificação de intensidade do LACM foram avaliadas em oito estudos (DOTAN et al., 2011; MESSIAS, 2018; PARDONO et al., 2008; PUGA et al., 2012, 2021; RIBEIRO et al., 2003; SOTERO et al., 2007; WAHL et al., 2018), o número de estágios do TI em dois estudos (PARDONO et al., 2008; SOTERO et al., 2007), a carga de trabalho inicial do TI em um estudo (PERRET; KURZEN, 2022), a duração dos estágios do TI em dois estudos (PERRET; KURZEN, 2022; RIBEIRO et al., 2003) e o incremento da carga de trabalho nos estágios em um estudo (MESSIAS, 2018).

Tabela 7 – Características dos estudos incluídos na revisão sistemática aninhados pelo teste de lactato mínimo e classificados pela diferença média percentual equivalente à medida de potência em relação a máxima fase estável de lactato sanguíneo.

Referência	n sexo; nível de treinamento	Modo de exercício; medidade de intensidade	MFEL				LACM				$\hat{\mu}_{LACM-MFEL} \pm \hat{\sigma}_{LACM-MFEL} (\%)^a$
			Duração ($\Delta[La]$ intervalo), min	$\Delta[La]$, mmol/L	Pausas (n° × time)	Carga \pm (%)	Fase 1	Fase 2, min (ativa/passiva)	Fase 3	Identificação do LACM	
Perret et al. (2012)	1 M, 7 H; atletas de cadeira de rodas	Cadeira de rodas; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ? s	?	TI	7, A	8% FCR – 5 min	Visual	-25,0 ± 12,2; [-13,9 ± 6,8] ^c
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16 H; ciclistas/ triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	4,0	<i>Sprints</i>	5, P	50 W – 3 min	Polinomial	-19,0 ± 9,6
Carter; Jones; Doust (1999a)	4 H, 4 M; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ~15 s	7,0	<i>Sprints</i>	8, A	1 km/h – 5 min	Spline	<i>Pré:</i> -12,8 ± 6,6 ^b <i>Pós:</i> -16,5 ± 6,1 ^b
Pardono et al. (2008)	11 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	6,0	<i>Wingate</i>	8, P	30 W – 3 min	Polinomial max Polinomial Polinomial adj Polinomial sub Visual	-10,0 ± 6,4 -7,6 ± 5,5 -6,7 ± 6,2 -5,8 ± 10,2 -2,6 ± 5,8
Arratibel-Imaz (2013)	16 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	4 × 30 s	5,0	TI	5, P	1 km/h – 3 min	Polinomial	-9,6 ± 7,8
Fontana; Boutellier; Knöpfli-Lenzin (2009)	15 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	0 × 0 s	3,0	TI	8, P	25 W – 1,5 min	Polinomial	-9,7 ± 11,3
			30 (20)	1,0	? × ? s	5,7	TI	8, P	1 km/h – 2 min	Polinomial	3,8 ± 4,2
Perret; Kurzen (2021)	14 H; treinados	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	?	TI	7, A	8 bpm – 5 min 8 bpm – 5 min	Visual	-7,1 ± 10,7 1,8 ± 8,0
								6, A	8 bpm – 4 min		4,5 ± 8,5

Puga et al. (2012)	11 H; fisicamente ativos	Corrida; Inclinação	30 (20)	1,0	1 × 60 s	4,0	TLim	7, P	8 bpm – 4 min	Visual	-0,4 ± 6,3
									2% – 3 min		Polinomial
Perret; Hartmann (2021)	12 H; triatletas	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 30 s	?	TI	7, A	8 bpm – 5 min	Visual	-5,8 ± 7,1
			30 (20)	1,0	0 × 0 s	?	TI	7, A	8 bpm – 5 min		
Jones; Doust (1998)	10 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 30 s	3,0	<i>Sprints</i>	8, A	1 km/h – 3 min	Spline	-4,7 ± 4,5
Puga et al. (2021)	12 (9) H; fisicamente ativos	Corrida; Inclinação	30 (20)	1,0	? × ? s	?	TLim	7, P	PSE – 3 min	Visual	-3,0 ± 16,4; [-0,7 ± 1,9] ^d 0,4 ± 11,8; [0,1 ± 1,3] ^d -3,9 ± 6,3
										Polinomial	
Knoepfli-Lenzi; Boutellier (2011)	63 H; moderadamente até altamente treinados	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	3,0	TI	1, A + 7, P	25 W – 1,5 min	Polinomial	
Dotan et al. (2011)	16 M; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × ? s	4,4	<i>Sprints</i>	8, P	0,6 km/h – 5 min	Polinomial	-3,4 ± 3,0
										Visual	-2,4 ± 3,5
Keller; Manunzio; Wahl (2022)	11 M; nadadoras	Natação; Velocidade	30 (10)	1,0	5 × 30 s	3,8 [1,3]	<i>Sprint</i>	5, P	0,03 m/s – 2 min	Polinomial	-1,8 ± 5,4; [-0,6 ± 1,8] ^e -1,5 ± 5,7; [-0,5 ± 1,9] ^e 0,0 ± 5,4; [0,0 ± 1,8] ^e -1,4 ± 5,4
			30 (15)	1,0							
			30 (20)	1,0							
Johnson; Sharpe; Brown (2009)	32 H; recreacionais	Ciclismo; Potência	30 (14)	?	0 × 0 s	2,5	TI	8, A	? – 4 min	Spline	
			30 (20)	1,0	2 × 60 s	3,0	<i>Sprint</i>	10, ?	3% – 800 m [~4 min]	Visual	-1,4 ± 3,0
Sotero et al. (2007)	8 H; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60 s	3,0	<i>Sprint</i>	10, ?	3% – 800 m [~4 min]	Polinomial	-0,4 ± 3,5
										Polinomial	0,5 ± 3,6
										Polinomial 135	0,5 ± 4,1
										Polinomial 146	0,7 ± 3,8
									Polinomial 136		

Sotero et al. (2009a)	13 H; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	2 × 60 s	3,0	<i>Sprint</i>	10, ?	3% – 800 m [~4 min]	Visual	-0,7 ± 3,3		
Barbieri et al. (2017)	16 H; jogadores de futsal	Corrida (circuito de futsal); Velocidade	30 (20)	1,0	4 × ? s	3,0	RAST	8, ?	1 km/h – 3 voltas em circuito [~1 min]	Polinomial	-0,5 ± 3,9		
Sotero et al. (2009b)	10 H; fisicamente ativos	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	? × ? s	3,0	<i>Sprint</i>	10, ?	3% – 800 m [~4 min]	Polinomial	-0,1 ± 4,2		
Wahl et al. (2018)	18 H; corredores	Corrida; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 15 s	2,7	TI	7, P	0,4 km/h – 2 min	Visual	0,0 ± 3,0		
										Polinomial	1,1 ± 3,0		
Keller; Manunzio; Wahl (2022)	12 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (10)	1,0	5 × 30 s	3,5 [1,2]	<i>Sprint</i>	5, P	0,03 m/s – 2 min	Polinomial	0,5 ± 8,7 [0,2 ± 2,8] ^e		
			30 (15)	1,0							0,7 ± 9,0 [0,2 ± 2,9] ^e		
			30 (20)	1,0							1,7 ± 10,3 [0,6 ± 3,3] ^e		
Messias (2018)	10 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s		<i>Wingate</i>	8, ?	25 W – 3 min	Spline	0,0 ± 10,6 ^b		
										8, ?	25 W – 3 min	Polinomial	1,1 ± 8,2
										7 ± 1, ?	19 ± 2 W – 3 min	Polinomial	<i>Teste:</i> 8,5 ± 7,5
										7 ± 1, ?	19 ± 2 W – 3 min	Polinomial	<i>Reteste:</i> 8,0 ± 9,6
										7 ± 1, ?	19 ± 2 W – 3 min	Spline	<i>Teste:</i> 7,4 ± 8,1 ^b
7 ± 1, ?	19 ± 2 W – 3 min	Spline	<i>Reteste:</i> 6,9 ± 11,0 ^b										
Macintosh; Esau; Svedahl (2002)	11 H, 3 M; ciclistas/ triatletas	Ciclismo; Velocidade	30 (20)	0,7	0 × 0 s	[3,0] 4,5	<i>Sprints</i>	8, A	1 km/h – 1,5 km [~2,5 min]	Polinomial	0,5 ± 4,9; [0,3 ± 3,2] ^f		
Pardono et al. (2009)	14 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	6,0	<i>Wingate</i>	8, P	10 W/min ([La] 3 min)	Polinomial	0,6 ± 7,0		
Wahl et al. (2017)	19 H; ciclistas/ triatletas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	4,5	TI	7, P	10 W – 1,5 min	Polinomial	0,9 ± 2,8		
Messias (2018)		Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s		<i>Wingate</i>	8, ?	25 W – 3 min	Spline	1,4 ± 14,6 ^b		
								8, ?	25 W – 3 min	Polinomial	5,6 ± 14,5		

								8 ± 2, ?	14 ± 2 W – 3 min	Polinomial	Teste: 4,2 ± 13,3
	10 H; fisicamente ativos							8 ± 2, ?	14 ± 2 W – 3 min	Polinomial	Reteste: 5,6 ± 16,8
								8 ± 2, ?	14 ± 2 W – 3 min	Spline	Teste: 2,8 ± 13,0 ^b
								8 ± 2, ?	14 ± 2 W – 3 min	Spline	Reteste: 2,8 ± 14,1 ^b
Dausin et al. (2019)	10 H; ciclistas	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	?	TI	0, NA	14 W – 3 min	Polinomial	1,9 ± 5,3
Madrid et al. (2016)	11 H; fisicamente ativos	Ciclismo; Potência	30 (20)	1,0	0 × 0 s	6,0	TI	8, ?	25 W – 3 min	Polinomial	2,0 ± 10,0
Ribeiro et al. (2003)	12 H; nadadores	Natação; Velocidade	30 (20)	1,0	5 × 45 s	?	<i>Sprints</i>	8, P	0,05 m/s – 300 m [~4 min]	Visual	7,4 ± 18,0; [2,4 ± 5,7] ^e
									0,05 m/s – 300 m [~4 min]	Spline	7,4 ± 15,2; [2,4 ± 4,8] ^e
									0,05 m/s – 200 m [~2,5 min]	Visual	15,1 ± 20,6; [4,8 ± 6,5] ^e
									0,05 m/s – 200 m [~2,5 min]	Spline	17,8 ± 16,2; [5,6 ± 5,1] ^e

Fonte: Elaborada pelo autor.

- a Os dados são apresentados como diferença média ($\hat{\mu}_{LACM-MFEL}$) ± desvio padrão das diferenças ($\hat{\sigma}_{LACM-MFEL}$) em porcentagem em relação à MFEL equivalente à medida de potência, os dados dentro de colchetes [$\hat{\mu}_{LACM-MFEL} \pm \hat{\sigma}_{LACM-MFEL}$] são as porcentagens equivalentes à velocidade (veja a seção para [Conversão da velocidade para potência](#) detalhes)
- b $\hat{\sigma}_{LACM-MFEL}$ imputado, logo, não foi utilizado nas meta-regressões dos $\sigma_{LACM-MFEL}$
- c Dados de velocidade na cadeira de rodas convertidos para potência utilizando a [Equação 74](#)
- d Dados de inclinação da esteira na corrida convertidos para potência utilizando a [Equação 80](#)
- e Dados de velocidade na natação convertidos para potência utilizando a [Equação 71](#)

Abreviações: A = recuperação ativa durante a Fase 2; bpm = batimentos por minuto; Carga ± = variação de carga de trabalho entre os testes da MFEL como porcentagem da MFEL equivalente à medida de potência e apresentado entre colchetes para a medição de intensidade (velocidade ou inclinação, dependendo do estudo); FCR = frequência cardíaca de reserva; H = homens; M = mulheres; MFEL = máxima fase estável de lactato sanguíneo; min = minutos; n = tamanho da amostra; n° = número; NA = não aplicável;

P = recuperação passiva durante a Fase 2; RAST = '*running anaerobic sprint test*'; TI = teste incremental; W = watts; $\Delta[\text{La}]$ intervalo = intervalo de tempo do critério de delta na concentração de lactato (por exemplo, 20 = 1 mmol/L entre o 10º e o 30º min); $\Delta[\text{La}]$ = critério de delta na concentração de lactato no sangue (por exemplo, = 1 mmol/L); ? = incerto; ~ = aproximadamente

6.3.3 Qualidade dos estudos

A Tabela 8 mostra os resultados da avaliação da qualidade dos estudos. Dos estudos incluídos nesta revisão ($k = 28$), em 30% foi relatada a estabilidade dos participantes e das condições de teste, 63% receberam uma avaliação parcial e em 7% dos estudos as condições não foram informadas. Em 89% dos estudos, os detalhes dos participantes foram adequadamente informados e 11% relataram uma pontuação parcial. Quanto aos critérios de inclusão e exclusão, 11% dos estudos informaram ambos os critérios, 15% forneceram critérios de inclusão ou exclusão e 74% não informaram nenhum dos critérios. Quanto ao tamanho da amostra, 92%, 4% e 4% dos estudos utilizaram um tamanho de amostra pequeno, moderado e bom, respectivamente.

Tabela 8 – Avaliação da qualidade metodológica dos estudos.

Referência	Tamanho da amostra	Crítérios de inclusão/exclusão	Detalhes dos participantes	Estabilidade das condições
Arratibel-Imaz (2013)	16	Sim	Sim	Sim
Arratibel-Imaz et al. (2016)	16	Sim	Sim	Parcial
Barbieri et al. (2017)	8	Não reportado	Sim	Parcial
Carter et al. (1999)	8	Não reportado	Sim	Sim
Dausin et al. (2019)	10	Não reportado	Parcial	Parcial
Dotan et al. (2011)	16	Não reportado	Sim	Sim
Fontana et al. (2009)	15	Não reportado	Sim	Parcial
Jones; Doust (1998)	13	Parcial	Sim	Parcial
Johnson et al. (2009)	32	Não reportado	Sim	Parcial
Keller; Manunzio; Wahl (2022)	23	Não reportado	Sim	Sim
Knoepfli-Lenzin; Boutellier (2011)	63	Não reportado	Sim	Parcial
MacIntosh et al. (2002)	14	Não reportado	Parcial	Parcial
Madrid et al. (2016)	11	Parcial	Parcial	Parcial
Messias (2018)	20	Sim	Sim	Sim
Padorno et al. (2008)	11	Não reportado	Sim	Parcial
Padorno et al. (2009)	13	Não reportado	Sim	Parcial
Perret et al. (2012)	8	Não reportado	Sim	Parcial
Perret; Hartmann (2021)	12	Não reportado	Sim	Yes
Perret; Kurzen (2021)	14	Não reportado	Sim	Parcial
Puga et al. (2012)	11	Não reportado	Sim	Yes
Puga et al. (2021)	9	Não reportado	Sim	Parcial
Ribeiro et al. (2003)	12	Não reportado	Sim	Yes
Ribeiro et al. (2004)	10	Não reportado	Sim	Parcial
Sotero et al. (2007)	17	Não reportado	Sim	Parcial
Sotero et al. (2009a)	13	Não reportado	Sim	Não reportado
Sotero et al. (2009b)	10	Não reportado	Sim	Não reportado
Wahl et al. (2017)	19	Parcial	Sim	Parcial
Whal et al. (2018)	18	Parcial	Sim	Yes

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para detalhes de cada critério consulte o [Quadro 9](#).

6.3.4 Meta-regressões

6.3.4.1 Diferença média

A partir de 64 tamanhos de efeito, a Figura 31 mostra a condição de referência (ou seja, uma interceptação ajustada para o valor mais baixo de covariáveis contínuas observadas nos estudos incluídos, LACM Fase 1 com *sprint*, LACM Fase 3 utilizando uma função polinomial, amostra ajustada para 100% homens e para exercício de ciclismo) e os efeitos modificadores

em relação a essa condição de referência, além da heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para as diferenças médias entre MFEL e LACM ($\mu_{LACM-MFEL}$). Os preditores inseridos na meta-regressão explicaram 60% [90% ICr, 15% a 82%] (ou seja, Pseudo R²) da heterogeneidade entre os efeitos.

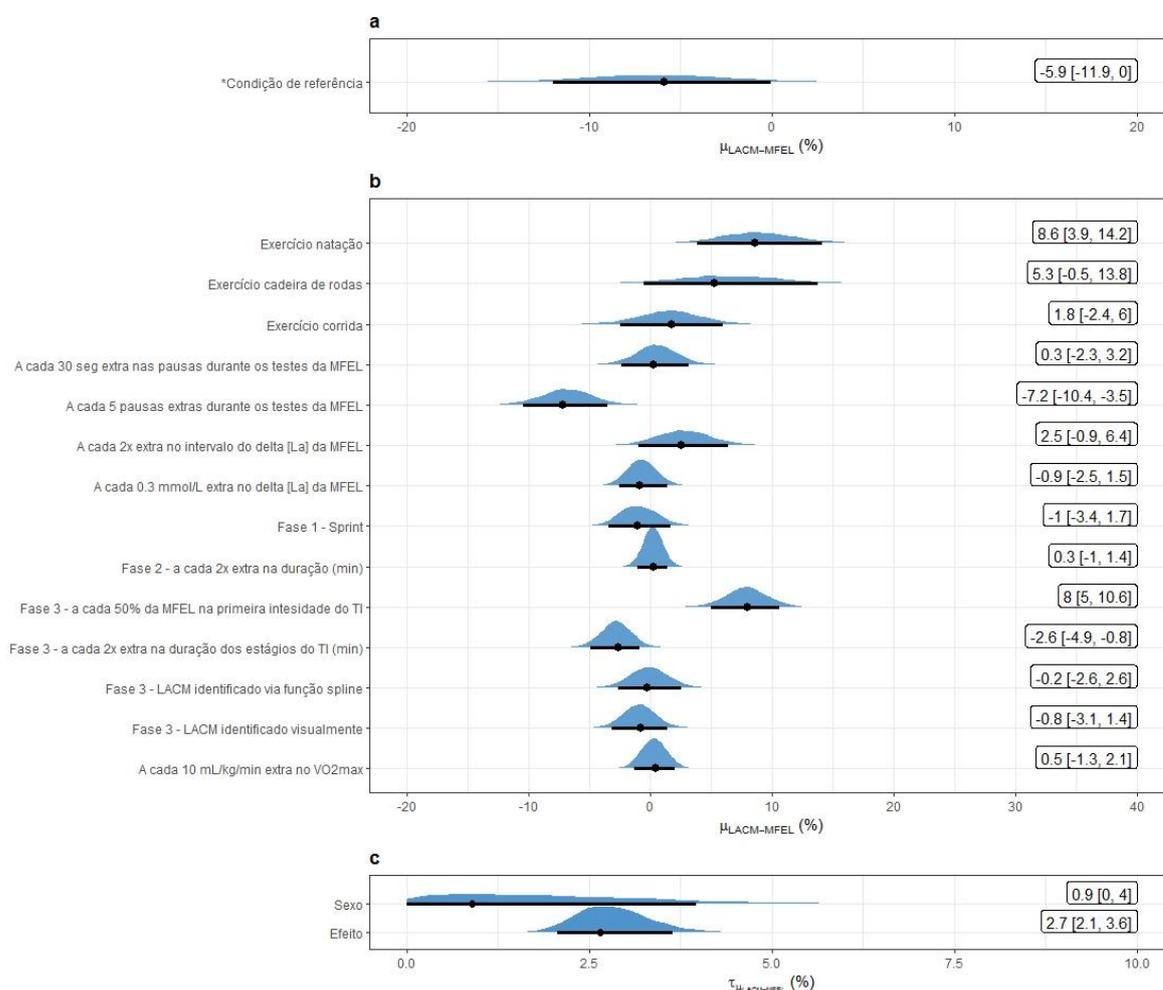
Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 31, $\mu_{LACM-MFEL}$ foi maior para a natação e exercício em cadeira de rodas em relação ao ciclismo (pROPE μ = 1/19/80% e 0/3/97%, respectivamente), a natação e exercício em cadeira de rodas foram maiores que a corrida (pROPE μ = 0/4/96% 5/29/66%). As comparações entre corrida e ciclismo (pROPE μ = 4/67/29%) e natação e exercício em cadeira de rodas (pROPE μ = 45/41/14%) foram incertas. Para a Fase 1 do LACM as diferenças entre TI e *sprint* foram claramente triviais (pROPE μ = 8/91/1%), bem como para a Fase 3 na identificação do LACM entre polinomial *versus* visual (pROPE μ = 6/93/1%), polinomial *versus spline* (pROPE μ = 10/88/2%) e visual *versus spline* (pROPE μ = 3/94/3%). Na Fase 3 a carga inicial e a duração dos estágios do TI apresentaram magnitudes importantes de modificação na $\mu_{LACM-MFEL}$, já o $\dot{V}O_2max$ dos sujeitos apresentou uma magnitude trivial.

Para prever a $\mu_{LACM-MFEL}$ a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \mu_{LACM-MFEL} = & -20,41 + (Corrida \times 1,61) + (Natação \times 8,88) + \\ & (Exercício \text{ em cadeira de rodas} \times 6,52) + (MFEL \text{ pausas} \times -1,36) + \\ & (MFEL \text{ duração das pausas} \times 0,02) + (MFEL \Delta [La] \times -2,13) + \\ & (\log_2[MFEL \Delta [La] \text{ intervalo}] \times 2,84) + (LACM \text{ Fase 1} - \textit{Sprint} \times -0,88) + \\ & (\log_2[LACM \text{ Fase 2}] \times 0,27) + (LACM \text{ Fase 3 carga inicial} \times 0,16) + \\ & (\log_2[LACM \text{ Fase 3 duração dos estágios}] \times -2,75) + \\ & (LACM \text{ Fase 3 método de identificação spline} \times -0,04) + (\dot{V}O_2max \times 0,04) + \\ & (LACM \text{ Fase 3 método de identificação visual} \times -0,82) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 117})$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, na Fase 1 um TI, a identificação do LACM na Fase 3 por uma equação polinomial e as demais covariáveis são contínuas.

Figura 31 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* e os efeitos modificadores em relação à referência (a) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão (b) para a diferença percentual média entre MFEL e LACM.



Fonte: Elaborada pelo autor.

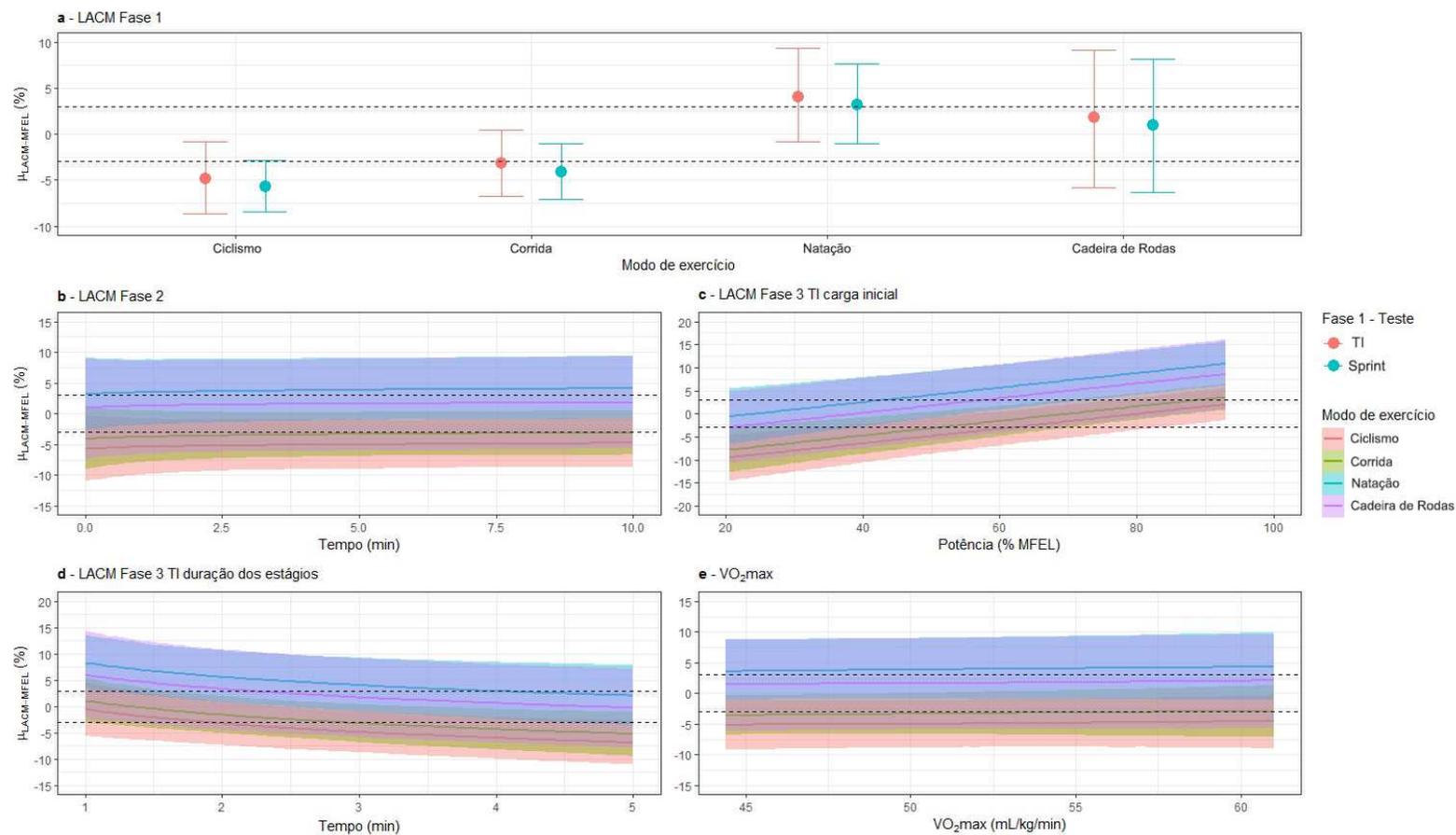
*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, a MFEL com uma duração de teste de 30 min sem pausas, o delta [La] da MFEL de 0,7 mmol/L entre o 16º e 30º min, o LACM ajustado na Fase 1 com um teste incremental, a Fase 2 com a duração de 0 min, a Fase 3 com a carga inicial de 20% da MFEL e a duração dos estágios do teste incremental de 2 min, o LACM identificado por uma função polinomial, o $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 44,0 mL/kg/min e uma amostra composta 100% por homens.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores.

Abreviações: LACM = lactato mínimo; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; [La] = concentração de lactato no sangue; $\mu_{LACM-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o LACM; $\tau_{\mu_{LACM-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito diferença média entre a MFEL e o LACM

A Figura 32 fornece uma visão geral dos efeitos condicionais derivados da meta-regressão para os efeitos $\mu_{LACM-MFEL}$.

Figura 32 – Efeitos condicionais para a diferença percentual média entre a MFEL e a LACM em relação ao modo de exercício e o tipo de teste na Fase 1 (a), duração da Fase 2 (b), carga inicial (c) e duração dos estágios do teste incremental (d) na Fase 3 e o $\dot{V}O_2\max$ do sujeito (e).



Fonte: Elaborada pelo autor.

No painel **a**, os efeitos foram ajustados para um teste de MFEL de 30 min, delta [La] de 1 mmol/L entre o 10° e 30° min sem pausas, o $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54 mL/kg/min, o LACM na Fase 2 com a duração de 8 min, a Fase 3 com a carga inicial do teste incremental em 50% da MFEL e a duração dos estágios de 3 min e o LACM identificado por um ajuste polinomial. No painel **b**, os efeitos foram ajustados para um teste de MFEL de 30 minutos, delta [La] de 1 mmol/L entre o 10° e 30° min sem pausas, e um $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54 mL/kg/min, o LACM na Fase 1 com um teste incremental, a Fase 3 com a carga inicial do teste incremental com a duração dos estágios de 3 min e o LACM identificado por um ajuste polinomial. No painel **c**, os efeitos foram ajustados para um teste de MFEL de 30 min sem pausas, e um $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54 mL/kg/min, o LACM na Fase 1 com um teste incremental, na Fase 2 com a duração de 8 min, a Fase 3 com o teste incremental com a duração dos estágios de 3 min e o LACM identificado por um ajuste polinomial. No painel **d**, os efeitos foram ajustados para um teste de MFEL de 30 min sem pausas, e um $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54 mL/kg/min, o LACM na Fase 1 com um teste incremental, na Fase 2 com a duração de 8 min, a Fase 3 com a carga inicial do teste incremental em 50% da MFEL e o LACM identificado por um ajuste polinomial. No painel **e**, os efeitos foram ajustados para um teste de MFEL de 30 min, sem pausas, o LACM na Fase 1 com um teste incremental, na Fase 2 com a duração de 8 min, a Fase 3 com a carga inicial do teste incremental em 50% da MFEL e a duração dos estágios de 3 min e o LACM identificado por um ajuste polinomial. As linhas horizontais tracejadas representam os limites superior e inferior da região de equivalência prática estabelecida em $\pm 3\%$. As linhas e barras de erro são a mediana posterior e os intervalos de credibilidade de 90%, respectivamente.

Abreviações: LACM = lactato mínimo; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; $\mu_{LACM-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o LACM

6.3.4.2 Desvio padrão das diferenças

A partir de 56 tamanhos de efeito, a Figura 33 apresenta a condição de referência e os efeitos modificadores em relação a esta referência, bem como a heterogeneidade residual da análise de meta-regressão para $\sigma_{LACM-MFEL}$. Ocorreu uma considerável heterogeneidade entre os efeitos e sexo como efeitos a nível de grupo. O Pseudo- R^2 foi de 95% [90% ICr, 83% a 99%].

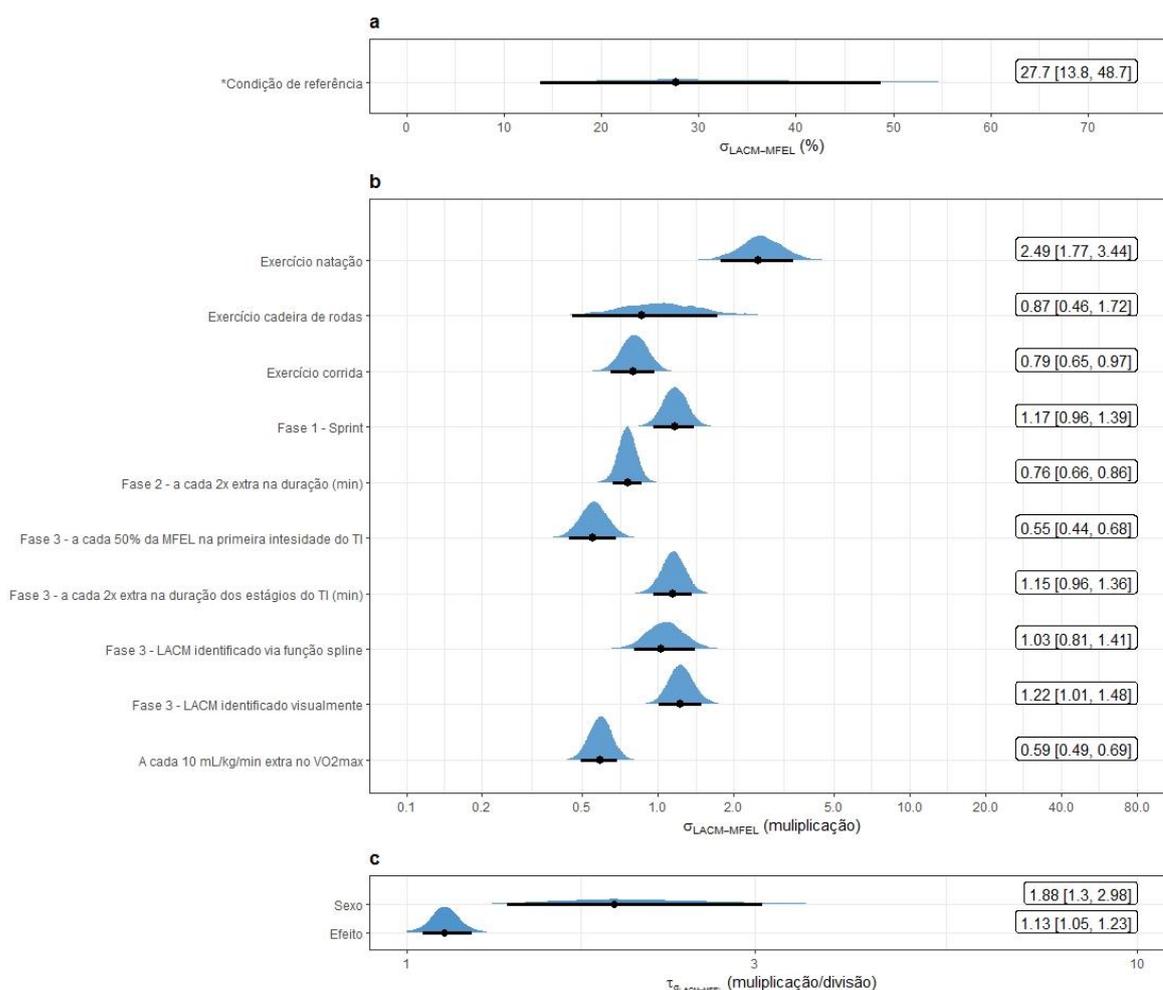
Quando ajustado por todas as covariáveis descritas na Figura 33, $\sigma_{LACM-MFEL}$ foi maior para a natação em relação a cadeira de rodas, ciclismo e corrida (pROPE σ = 1/1/98%, 0/0/100% e 0/0/100%, respectivamente). A corrida apresentou uma alta probabilidade do $\sigma_{LACM-MFEL}$ ser menor que do ciclismo (pROPE σ = 81/18/1%), as comparações entre ciclismo *versus* exercício em cadeira de rodas (pROPE σ = 37/21/42%) e corrida *versus* exercício em cadeira de rodas (pROPE σ = 65/16/19%) foram incertas. Para a Fase 1 do LACM, quando um TI foi utilizado em vez de *sprint* o $\sigma_{LACM-MFEL}$ tendeu a ser maior (pROPE σ = 1/29/70%), bem como, na Fase 3 a identificação do LACM visualmente produziu maiores valores de $\sigma_{LACM-MFEL}$ do que o ajuste polinomial (pROPE σ = 0/15/85%). As comparações da Fase 3 entre polinomial *versus* *spline* (pROPE σ = 5/32/63%) e visual *versus* *spline* (pROPE σ = 15/41/44%) apresentaram maior incerteza. Além disso, as covariáveis contínuas $\dot{V}O_{2max}$, duração da Fase 2, carga inicial e duração dos estágios do TI na Fase 3 quando aumentadas produziram diminuição no $\sigma_{LACM-MFEL}$.

Para prever o $\sigma_{LACM-MFEL}$ a seguinte equação pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} \ln \sigma_{LACM-MFEL} = & 6,00 + (Corrida \times -0,21) + (Natação \times 0,95) + \\ & (Exercício \text{ em cadeira de rodas} \times 0,02) + (LACM \text{ Fase 1 } \textit{sprint} \times 0,16) + \\ & (\log_2[LACM \text{ Fase 2}] \times -0,28) + (LACM \text{ Fase 3 } \textit{carga inicial} \times -0,01) + \\ & (\log_2[LACM \text{ Fase 3 } \textit{duração dos estágios}] \times 0,14) + \\ & (LACM \text{ Fase 3 } \textit{método de identificação spline} \times 0,07) + \\ & (LACM \text{ Fase 3 } \textit{método de identificação visual} \times 0,21) + (\dot{V}O_{2max} \times -0,05) \text{ (Eq. 118)} \end{aligned}$$

Onde o intercepto é ajustado em relação a modalidade de exercício para o ciclismo, na Fase 1 um TI, a identificação do LACM na Fase 3 por uma equação polinomial e as demais covariáveis são contínuas. Note que o $\ln \sigma_{LACM-MFEL}$ é predito na Equação 118 em escala logarítmica, para determinar o $\sigma_{LACM-MFEL}$ em percentual é preciso aplicar uma transformação exponencial.

Figura 33 – Distribuições posteriores com as modas [intervalos de credibilidade de 90%] (pontos e barras, respectivamente) para a condição de referência* (a), os efeitos modificadores em relação à referência (b) e as estimativas de heterogeneidade residual apresentadas como desvio padrão entre tamanhos de efeitos (c) para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e LACM.



Fonte: Elaborada pelo autor.

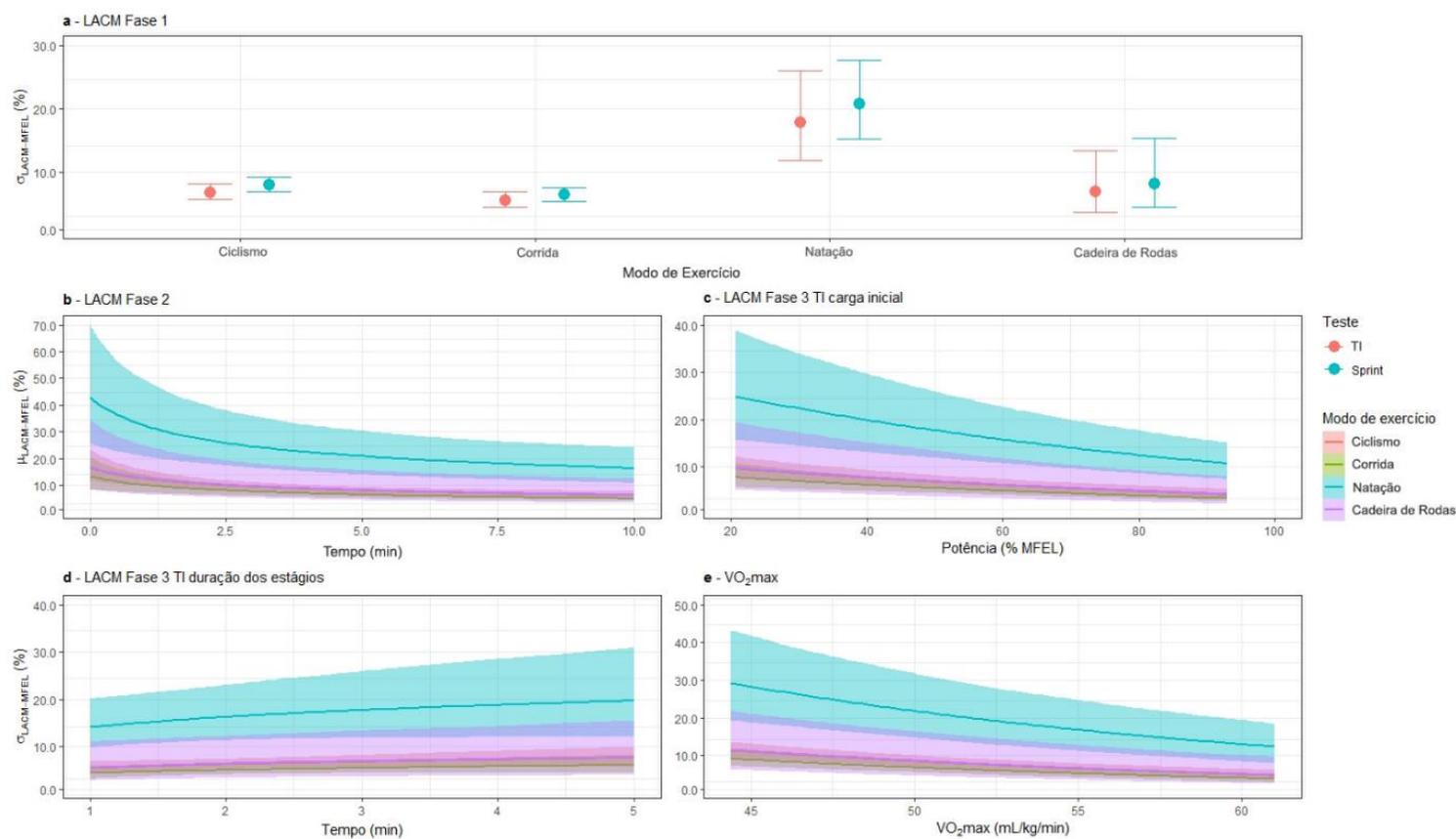
*A condição de referência é um "intercepto ajustado" para o modo do exercício de ciclismo, o LACM ajustado na Fase 1 com um teste incremental, a Fase 2 com a duração de 0 min, a Fase 3 com a carga inicial de 20% da MFEL e a duração dos estágios do teste incremental de 2 min, o LACM identificado por uma função polinomial, o $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 44,0 mL/kg/min e uma amostra composta 100% por homens.

Os números são a moda [intervalos de credibilidade de 90%] das distribuições posteriores. No painel **a**, a estimativa é mostrada como uma porcentagem, no painel **b** como vezes, ou seja, efeito multiplicativo em relação à condição de referência, e no painel **c** o desvio padrão entre os tamanhos do efeito como vezes/dividido.

Abreviações: LACM = lactato mínimo; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; $\sigma_{LACM-MFEL}$ = diferença média entre a MFEL e o LACM; $\tau_{\sigma_{LACM-MFEL}}$ = desvio padrão do tamanho do efeito desvio padrão da diferença entre a MFEL e o LACM

A Figura 34 apresenta uma visão geral dos efeitos condicionais derivados da meta-regressão para os efeitos $\sigma_{LACM-MFEL}$.

Figura 34 – Efeitos condicionais para o desvio padrão da diferença percentual entre MFEL e LACM em relação ao modo de exercício e o tipo de teste na Fase 1 (a), duração da Fase 2 (b), carga inicial (c) e duração dos estágios do teste incremental (d) na Fase 3 e o $\dot{V}O_2\text{max}$ do sujeito (e).



Fonte: Elaborada pelo autor.

No painel **a**, os efeitos foram ajustados para o $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54 mL/kg/min, o LACM na Fase 2 com a duração de 8 min, a Fase 3 com a carga inicial do teste incremental em 50% da MFEL e a duração dos estágios de 3 min e o LACM identificado por um ajuste polinomial. No painel **b**, os efeitos foram ajustados para um $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54 mL/kg/min, o LACM na Fase 1 com um teste incremental, a Fase 3 com a carga inicial do teste incremental com a duração dos estágios de 3 min e o LACM identificado por um ajuste polinomial. No painel **c**, os efeitos foram ajustados para um $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54 mL/kg/min, o LACM na Fase 1 com um teste incremental, na Fase 2 com a duração de 8 min, a Fase 3 com o teste incremental com a duração dos estágios de 3 min e o LACM identificado por um ajuste polinomial. No painel **d**, os efeitos foram ajustados para um $\dot{V}O_2\text{max}$ dos sujeitos de 54 mL/kg/min, o LACM na Fase 1 com um teste incremental, na Fase 2 com a duração de 8 min, a Fase 3 com a carga inicial do teste incremental em 50% da MFEL e o LACM identificado por um ajuste polinomial. No painel **e**, os efeitos foram ajustados para o LACM na Fase 1 com um teste incremental, na Fase 2 com a duração de 8 min, a Fase 3 com a carga inicial do teste incremental em 50% da MFEL e a duração dos estágios de 3 min e o LACM identificado por um ajuste polinomial. As linhas e barras de erro são a mediana posterior e os intervalos de credibilidade de 90%, respectivamente.

Abreviações: LACM = lactato mínimo; MFEL = máxima fase estável máximo de lactato sanguíneo; TI = teste incremental; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; $\sigma_{LACM-MFEL}$ = desvio padrão das diferenças entre a MFEL e o LACM

6.4 DISCUSSÃO

Os principais achados do estudo atual são que a diferença média e o desvio padrão das diferenças entre MFEL e LACM são moduladas por alguns aspectos metodológicos inerentes aos seus protocolos. Tais achados são reforçados pelos valores elevados do Pseudo-R² de 60% [90% ICr, 15% a 82%] para a diferença média e 95% [90% ICr, 83% a 99%] para o desvio padrão das diferenças. Portanto é difícil afirmar que esses 2 índices representam a mesma intensidade de exercício sem levar em consideração seus desenhos dos protocolos.

O LACM é um teste fisiológico que procura determinar a intensidade do exercício em que a produção e eliminação de lactato estão em equilíbrio, conhecida como MFEL. Ao contrário de muitos métodos tradicionais de limiar de lactato que carecem de uma base fisiológica, como o uso de valores fixos de [La], derivadas matemáticas que identificam um ponto na curva de lactato ou determinação visual (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009), o LACM tem uma base sólida (DOTAN, 2022a; DOTAN et al., 2011). Ele identifica intensidade mais alta em que ocorre o ponto em que a [La] atinge o maior equilíbrio do aparecimento e remoção no sangue (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993). Além disso, foi demonstrado que a carga de trabalho do LACM permanece consistente, independentemente das reservas de glicogênio (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993), o que é um problema com os métodos de limiar de lactato fixos.

Vale ressaltar que o LACM é um substituto para a MFEL. Por muito tempo, a MFEL foi considerada como referência para o limite entre as zonas de intensidade pesada-severa (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). No entanto, a definição amplamente aceita para esse limite agora é a maior intensidade de exercício que não leva ao atingimento do $\dot{V}O_2\text{max}$ (JONES et al., 2010, 2019a). Está bem estabelecido que a MFEL (o protocolo mais tradicional) não representa essa intensidade de exercício (BARBOSA et al., 2009; IANNETTA et al., 2022; OZKAYA et al., 2022). A estimativa mais utilizada para delimitar a maior intensidade de exercício onde não se atinge o $\dot{V}O_2\text{max}$ é conhecida como PC (Veja o tópico [CONCORDÂNCIA ENTRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO SANGUÍNEO E A POTÊNCIA CRÍTICA](#) para mais detalhes sobre essa questão). Curiosamente, Tegtbur; Busse; Braumann (1993) discutiram em seu estudo seminal que poderia haver alguma equivalência entre a PC e o LACM, principalmente com base nos estudos de Poole et al. (1988,

1990) sobre a PC e o atingimento do $\dot{V}O_2\text{max}$ e pela postulação da equivalência entre MFEL e PC.

Outra vantagem do protocolo LACM é que ele fornece índices "anaeróbios" e "aeróbios". No método tradicional do LACM, são realizados esforços de alta intensidade para induzir a hiperlactatemia durante a Fase 1. Outros testes, como o *Wingate*, *RAST* ou teste de exercício incremental, também foram usados ao longo dos anos. Em esportes coletivos, como futebol, basquete, futsal *etc.*, os testes de sprints repetidos fornecem importantes informações relacionadas as demandas de atividade durante os jogos e sua incorporação durante o protocolo de LACM se torna atrativa por otimizar visitas ao laboratório ou dias de coleta em campo.

No entanto, apesar das vantagens abordadas, esta revisão identificou alguns fatores que podem afetar a concordância entre LACM e MFEL, que devem ser considerados ao prever a MFEL. Em relação ao protocolo de LACM os fatores que mais influenciam a diferença média entre MFEL e LACM (*i.e.*, $\mu_{LACM-MFEL}$) estão na Fase 3, que consiste em um TI. O tipo de teste realizado na Fase 1 e a duração da Fase 2 apresentaram efeitos modificadores pequenos a nulos sobre a $\mu_{LACM-MFEL}$. Para a Fase 3 o método de identificação do LACM, ou seja, visual, *spline* ou polinomial também não exerceram importante influência sobre a magnitude da $\mu_{LACM-MFEL}$. Contudo, a intensidade inicial e a duração dos estágios do TI realizado na Fase 3 apresentaram importante influência sobre $\mu_{LACM-MFEL}$. Quanto menor a intensidade de início e maior a duração dos estágios do TI mais o LACM subestimou a MFEL. Tais achados podem ser explicados pela cinética de aparecimento e remoção do lactato no sangue. Exercícios de baixa intensidade removem o lactato sanguíneo para utilização novamente como combustível energético (DEVLIN et al., 2014; MENZIES et al., 2010), deste modo, a curva "U" da Fase 3 é deslocada para esquerda fazendo com que o LACM ocorra em cargas de trabalho menores, como foi verificado experimentalmente anteriormente (CARTER; JONES; DOUST, 1999b).

No mesmo sentido, no protocolo de MFEL os efeitos modificadores foram o número e duração das pausas para a coleta das amostras de sangue para determinação da [La]. Onde as pausas causaram uma remoção da [La] fazendo com que a MFEL ocorresse em intensidades de exercício mais altas (BENEKE et al., 2003; DE LUCAS et al., 2012; GROSSL et al., 2012b). Recentemente vários estudos propuseram várias modificações no protocolo da MFEL

(IANNETTA et al., 2022; KELLER; MANUNZIO; WAHL, 2022; NIXON et al., 2021), para este estudo de revisão, o estudo incluído de Keller; Manunzio; Wahl (2022) utilizaram protocolos modificados de MFEL em relação ao delta de tempo para o delta na [La]. Além do protocolo tradicional de 1 mmol/L entre o 10° até o 30° min, utilizaram 1 mmol/L entre o 15° até o 30° e 20° até o 30° min. Estes protocolos geram cargas de trabalho mais altas na MFEL, porém, ainda carecem de justificativas para essas modificações.

Considerando o modo de exercício verificamos que o LACM ocorre muito acima da MFEL durante o exercício de natação e exercício em cadeira de rodas em comparação ao ciclismo e corrida. Vale destacar que para a natação os efeitos foram convertidos a medida de potência, portanto se for de interesse uso da velocidade os efeitos devem ser divididos por 3 (MALCATA; HOPKINS, 2014). Em relação a características dos sujeitos o $\dot{V}O_2\text{max}$ não teve influência sobre $\mu_{LACM-MFEL}$, sugerindo que independente da potência aeróbia dos sujeitos a $\mu_{LACM-MFEL}$ é similar. O sexo não foi modelado como um efeito populacional porque apenas Keller; Manunzio; Wahl (2022) utilizaram uma amostra completa de mulheres, e se fosse inserida na análise levaria a problemas de colinearidade, portanto foi modelada como um efeito de grupo para aumentar a incerteza nas estimativas.

Em relação ao $\sigma_{LACM-MFEL}$ a presente revisão verificou que a magnitude em ordem crescente nas modalidades foi corrida, ciclismo, exercício em cadeira de rodas e natação. As Fases 1 e 2 produziram efeitos modificadores importantes no $\sigma_{LACM-MFEL}$, testes incrementais na Fase 1 e a Fase 2 mais longa produziram repostas individuais menos dispersas. Bem como, na Fase 3 a carga inicial quanto mais alta diminuiu a magnitude do $\sigma_{LACM-MFEL}$ e a duração dos estágios quanto mais longos maiores os valores de $\sigma_{LACM-MFEL}$. Tais achados são difíceis de explicar e merecem atenção em investigações futuras para determinar na mesma amostra de sujeitos o impacto das alterações da configuração do LACM sobre a magnitude de $\sigma_{LACM-MFEL}$. Já para o $\dot{V}O_2\text{max}$, sujeitos melhor condicionados aerobiamente apresentaram menores valores de $\sigma_{LACM-MFEL}$. Tais achados podem ser explicados por uma menor variabilidade dia a dia nas variáveis em sujeitos melhor condicionados (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001). Ou pelo simples fato de que sujeitos com maior $\dot{V}O_2\text{max}$ também possuem maiores valores de MFEL o que gera uma correlação entre a magnitude da $\sigma_{LACM-MFEL}$ e MFEL quando expressos em valores absolutos, gerando menores valores do $\sigma_{LACM-MFEL}$ expressos percentualmente.

6.5 APLICAÇÕES PRÁTICAS

Este estudo de revisão fornece uma estimativa de prováveis covariáveis que influenciam o nível de concordância entre a MFEL e o LACM. Os parâmetros das meta-regressões podem ser utilizados como estimativas para que o LACM forneça uma predição da MFEL mais assertiva, dados os valores encontrados de Pseudo- R^2 . A atratividade do LACM em relação a outros limiares de intensidade de exercício está no fato conter a Fase 1 que pode fornecer informações importantes para pesquisadores, treinadores e atletas em uma única sessão de teste. Em relação a Fase 3 recomendasse que a carga inicial do TI seja pelo menos na intensidade do LL_1 para garantir que o LACM ocorra em uma intensidade superior ao LL_1 . Visto que é difícil conhecer essa intensidade previamente, sugere-se que na Fase 1 seja executado um TI para a determinação do LV_1 ou LL_1 , servindo de base para a configuração do TI da Fase 3. Além disso, Perret et al. (2012), Perret; Hartmann (2021) e Perret; Kurzen (2022) investigaram protocolos de LACM que são baseados na FC e podem ser uteis na prática de pesquisadores, treinadores e atletas.

7 DISCUSSÃO GERAL

De modo geral a presente tese verificou que a concordância entre LL, PC e LACM em relação a MFEL é modulada por uma série de fatores provenientes dos protocolos dos testes, características dos sujeitos e do modo de exercício. Portanto, não possível dizer que existe um método válido em prever a MFEL. Desta forma, essas dependências metodológicas devem ser levadas em consideração quando o objetivo for prever a MFEL.

Esta revisão fornece a estimativa populacional da diferença média e do $S_{\text{diferença}}$. Portanto, ambos os tamanhos de efeito podem ser usados juntos para construir LdC, dadas as covariáveis desejadas, e verificar as faixas com um certo percentual de diferenças individuais estabelecidas (por exemplo, 95%, 99% *etc.* LdC). Futuros estudos são desejados para fazer a validação cruzada das estimativas das meta-regressões tanto a nível das médias amostras quanto a nível individual dos sujeitos para determinar o grau de acurácia dessas estimativas.

Vale ressaltar que há alguma heterogeneidade residual em todas as análises. Portanto, uma vez que os valores τ fornecem o DP dos efeitos entre os tamanhos de efeitos, eles podem ser usados como intervalos de predição para determinar a verdadeira faixa dos efeitos em estudos futuros (por exemplo, $\tau \times 1,645 =$ intervalo de predição de 90%). Da mesma forma, as covariáveis da meta-regressão se referem às médias das amostras nos estudos, e não ao nível do sujeito, as covariáveis podem ter influências diferentes nos tamanhos dos efeitos, sendo as principais limitações das meta-regressões. É muito importante observar que foram utilizadas as covariáveis mais conhecidas na análise, apesar do considerável número de estudos incluídos; no entanto, um grande número de covariáveis levará a problemas de ajuste excessivo (do inglês *overfitting*; ou seja, o modelo é muito específico e válido apenas para os estudos incluídos na revisão).

Para resumir os resultados de diferentes tipos de exercícios, transformamos todos os tamanhos de efeito para uma métrica comum, ou seja, efeitos percentuais equivalentes à medida de potência. É importante ter em mente que essas transformações são aproximações por meio de equações publicadas e validadas. No entanto, julgamos que essas transformações para efeitos percentuais equivalentes à medida de potência são melhores para entender e usar na prática do que os tamanhos de efeito padronizados sem dimensão, como o d de Cohen (HOPKINS, 2018). Além disso, essas transformações mostraram que, exceto para o remo, todas as outras

modalidades apresentaram efeitos similares de $\mu_{PRED-MFEL}$ % quando expressas em potência. Portanto, do ponto de vista prático, os efeitos da natação, remo e caiaque devem ser divididos por 3 se a comparação de velocidade for de interesse (HOPKINS; SCHABORT; HAWLEY, 2001; PESSÔA FILHO; GRECO; DENADAI, 2014).

REFERÊNCIAS

ABDALLA, L. H. P.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Critical power: Evidence-based robustness. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 33, n. 1, p. 99–100, 2023.

ACZEL, B. et al. Discussion points for bayesian inference. **Nature Human Behaviour**, v. 4, n. 6, p. 561–563, 2020.

ALMARWAEY, O. A.; JONES, A. M.; TOLFREY, K. Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. **Journal of Sports Sciences**, v. 22, n. 2, p. 215–225, 2004.

ALTUNA, A.; HOPKER, J. Commentary on “Over 55 years of Critical Power: Fact or Artifact”. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 32, n. 3, p. 636–637, 2022.

ALVES, J. C. C. et al. The influence of the regression model and final speed criteria on the reliability of lactate threshold determined by the Dmax method in endurance-trained runners. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 41, n. 10, p. 1039–1044, 2016.

AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. **APA Dictionary of Psychology, Second Edition**. [s.l: s.n.].

ANDERSSON, E. et al. Energy system contributions and determinants of performance in sprint cross-country skiing. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 27, n. 4, p. 385–398, 2017.

ARDERN, C. L. et al. Implementing the 27 PRISMA 2020 Statement items for systematic reviews in the sport and exercise medicine, musculoskeletal rehabilitation and sports science fields: the PERSiST (implementing Prisma in Exercise, Rehabilitation, Sport medicine and SporTs science) guidance. **British Journal of Sports Medicine**, p. doi: 10.1136/bjsports-2021-103987, 2021.

ARETA, J. L.; HOPKINS, W. G. Skeletal muscle glycogen content at rest and during endurance exercise in humans: A meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 9, p. 2091–2102, 2018.

ARRATIBEL-IMAZ, I. **Comparación de diferentes métodos para el cálculo del umbral anaeróbico individual y su equivalencia con el máximo estado estable**. Doctoral Thesis—Vitoria, Gasteiz, Spain: Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, 2013.

ARRATIBEL-IMAZ, I. et al. Lack of concordance amongst measurements of individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state on a cycle ergometer. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 44, n. 1, p. 34–45, 2016.

ATKINSON, G.; WILLIAMSON, P.; BATTERHAM, A. M. Issues in the determination of ‘responders’ and ‘non-responders’ in physiological research. **Experimental Physiology**, v. 104, n. 8, p. 1215–1225, 2019.

AUNOLA, S.; RUSKO, H. Does anaerobic threshold correlate with maximal lactate steady-state? **Journal of Sports Sciences**, v. 10, n. 4, p. 309–323, 1992.

BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 10, p. 1798–1802, 2000.

BANG, O. The lactate content of the blood during and after muscular exercise in man. **Skandinavisches Archiv Für Physiologie**, v. 74, n. S10, p. 51–82, 1936.

BARBIERI, R. et al. Reliability and validity of a new specific field test of aerobic capacity with the ball for futsal players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 03, p. 233–240, 2017.

BARBOSA, L. F. et al. Máxima fase estável de lactato sanguíneo e o limite superior do domínio pesado em ciclistas treinados. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 3, p. 320–325, 2009.

BARBOSA, L. F. et al. Maximal lactate steady-state independent of recovery period during intermittent protocol. **Journal of Strength and Condition Research**, v. 25, n. 12, p. 3385–3390, 2011.

BARKER, R. J.; SCHOFIELD, M. R. Inference about magnitudes of effects. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 3, n. 4, p. 547–557, 2008.

BARRETO, R. V. et al. Chronic adaptations to eccentric cycling training: A systematic review and meta-analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 4, p. 2861, 2023.

BATTERHAM, A. M.; HOPKINS, W. G. Making meaningful inferences about magnitudes. **International Journal of Sport Physiology and Performance**, v. 1, p. 50–57, 2006.

BATTERHAM, A. M.; HOPKINS, W. G. The Case for Magnitude-based Inference. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 4, p. 885, abr. 2015.

BAYES, T.; PRICE, R. LII. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances. By the late Rev. Mr. Bayes, F. R. S. communicated by Mr. Price, in a letter to John Canton, A. M. F. R. S. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 53, p. 370–418, 1763.

BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. **Journal of Applied Physiology**, v. 59, n. 6, 1985.

BECKER, B. J. Multivariate meta-analysis. Em: TINSLEY, H.; BROWN, S. (Eds.). **Handbook of applied multivariate statistics and mathematical modeling**. 1. ed. San Diego: Academic Press, 2000. p. 760.

BELARDINELLI, R. et al. Changes in skeletal muscle oxygenation during incremental exercise measured with near infrared spectroscopy. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 70, n. 6, p. 487–492, 1995.

BELLINGER, P. M.; MINAHAN, C. Reproducibility of a laboratory based 1-km Wattbike cycling time trial in competitive cyclists. **Journal of Science and Cycling**, v. 3, n. 3, p. 23–28, 2014.

BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 27, n. 6, p. 863–867, 1995.

BENEKE, R. Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. **British Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 3, p. 192–196, 2001.

BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 95–99, 2003a.

BENEKE, R. et al. Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 9, p. 1626–1630, 2003.

BENEKE, R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 4, p. 361–369, 2003b.

BENEKE, R. et al. Predicting maximal lactate steady state in children and adults. **Pediatric Exercise Science**, v. 21, n. 4, p. 493–505, 2009.

BENEKE, R. Ventilatory thresholds, lactic thresholds and maximal lactate steady state concept. Em: CONNES, P.; HUE, O.; PERREY, S. (Eds.). **Exercise physiology: from a cellular to an integrative approach**. Amsterdam: IOS Press, 2010. p. 299–315.

BENEKE, R.; HÜTLER, M.; LEITHÄUSER, R. M. Maximal lactate-steady-state independent of performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 6, p. 1135–1139, 2000.

BENEKE, R.; LEITHÄUSER, R. M.; OCHENTEL, O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 6, n. 1, p. 8–24, 2011.

BENEKE, R.; VON DUVILLARD, S. P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 28, n. 2, p. 241–246, 1996.

BERG, A. et al. Zur beurteilung der leistungsfähigkeit und belastbarkeit von patienten mit coronarer herzkrankheit. **Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin**, v. 31, n. 7, p. 199–205, 1980.

BHAMBHANI, Y. N.; BUCKLEY, S. M.; SUSAKI, T. Detection of ventilatory threshold using near infrared spectroscopy in men and women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 29, n. 3, p. 402–409, 1997.

BILLAT, V. et al. A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 69, n. 3, p. 196–202, 1994.

BILLAT, V. L. et al. The concept of maximal lactate steady state: A bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Medicine**, v. 33, n. 6, p. 407–426, 2003.

BINDER, R. K. et al. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. **European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation**, v. 15, n. 6, p. 726–734, 2008.

BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. **International Journal of Sports Medicine**, v. 19, n. 2, p. 125–129, 1998.

BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; MACKINNON, L. T. The relationship between plasma lactate parameters, W_{peak} and 1-h cycling performance in women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 8, p. 1270–1275, 1998.

BLACK, M. I. et al. Muscle metabolic and neuromuscular determinants of fatigue during cycling in different exercise intensity domains. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 446–459, 2017.

BLACK, M. I. et al. A critique of “A critical review of critical power”. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 7, p. 1745–1746, 2022.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Applying the right statistics: analyses of measurement studies. **Ultrasound in Obstetrics and Gynecology**, v. 22, n. 1, p. 85–93, 2003.

BLAND, M. J.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **The Lancet**, v. 327, n. 8476, p. 307–310, 1986.

BONETTI, D. L.; HOPKINS, W. G. Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: A meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 39, n. 2, p. 107–127, 2009.

- BOONE, J. et al. An integrated view on the oxygenation responses to incremental exercise at the brain, the locomotor and respiratory muscles. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 11–12, p. 2085–2102, 2016.
- BORCH, K. W. et al. Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of ‘anaerobic threshold’. **Journal of Sports Sciences**, v. 11, n. 1, p. 49–55, 1993.
- BORENSTEIN, M. et al. Basics of meta-analysis: I^2 is not an absolute measure of heterogeneity. **Research Synthesis Methods**, v. 8, n. 1, p. 5–18, 2017.
- BORENSTEIN, MICHAEL. et al. **Introduction to meta-analysis**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
- BORSZCZ, F. K. **Reprodutibilidade e validade do funcional threshold power em ciclistas**. Master Dissertation—Florianópolis, Santa Catarina, Brazil: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2018.
- BORSZCZ, F. K. et al. Do all roads lead to maximal lactate steady state? Systematic reviews and multilevel Bayesian meta-analyses approach. **OSF**, 2020.
- BORSZCZ, F. K. et al. Is functional overreaching or acute fatigue the key to the effects of concentrated block training in running? **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 36, n. 12, p. 3485, 2022.
- BORSZCZ, F. K.; DE LUCAS, R. D. Comment on: “Effects of carbohydrate mouth rinse on cycling time trial performance: a systematic review and meta-analysis” and subsequent Li et al. comment/author reply. **Sports Medicine**, v. 50, n. 3, p. 629–632, 2019.
- BOSQUET, L.; LÉGER, L.; LEGROS, P. Methods to determine aerobic endurance. **Sports Medicine**, v. 32, n. 11, p. 675–700, 2002.
- BOURDON, P. C.; WOOLFORD, S. M.; BUCKLEY, J. D. Effects of varying the step duration on the determination of lactate thresholds in elite rowers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 6, p. 687–693, 2018.

- BRAAKHUIS, A. J.; HOPKINS, W. G. Impact of dietary antioxidants on sport performance: A review. **Sports Medicine**, v. 45, n. 7, p. 939–955, 2015.
- BRIGGS, H. Physical exertion, fitness and breathing. **The Journal of Physiology**, v. 54, n. 4, p. 292–318, 1920.
- BROXTERMAN, R. M.; CRAIG, J. C.; KIRBY, B. S. Critical Power: Over 95 years of evidence and evolution. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 32, n. 5, p. 933–934, 2022.
- BROXTERMAN, R. M.; CRAIG, J. C.; RICHARDSON, R. S. The respiratory compensation point and the deoxygenation break point are not valid surrogates for critical power and maximum lactate steady state. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 50, n. 11, p. 2379–2382, 2018.
- BULL, A. J. et al. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 2, p. 526–530, 2000.
- BULL, A. J. et al. Physiological responses at five estimates of critical velocity. **European Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 6, p. 711–720, 1 abr. 2008.
- BUNC, V. et al. Determination of the individual anaerobic threshold. **Acta Universitatis Carolinae. Gymnica**, v. 27, p. 73–81, 1985.
- BÜRKNER, P. **Handle missing values with brms**. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/brms/vignettes/brms_missings.html>.
- BÜRKNER, P. C. brms: An R package for bayesian multilevel models using Stan. **Journal of Statistical Software**, v. 80, n. 1, p. 1–28, 2017.
- BURNLEY, M. Critical power is the severe intensity domain boundary, not a power output that can be maintained “for a very long time without fatigue”. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 7, p. 1741–1742, 2022a.

BURNLEY, M. Flawed analysis and erroneous interpretations of the critical power concept: response to Mr. Dotan. **European Journal of Applied Physiology**, v.

<https://doi.org/10.1007/s00421-022-05013-2>, 2022b.

BURNLEY, M.; DOUST, J. H.; VANHATALO, A. A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, n. 11, p. 1995–2003, 2006.

BURNLEY, M.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **European Journal of Sport Science**, v. 7, n. 2, p. 63–79, 2007.

BURNLEY, M.; JONES, A. M. Power–duration relationship: Physiology, fatigue, and the limits of human performance. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 1, p. 1–12, 2018.

CAEN, K. et al. Ramp vs. step tests: valid alternatives to determine the maximal lactate steady-state intensity? **European Journal of Applied Physiology**, p.

<https://doi.org/10.1007/s00421-021-04620-9>, 2021.

CAEN, K. **Crossing the threshold: New insights on exercise thresholds and acute recovery from high-intensity exercise**. Doctoral dissertation—Belgium: Ghent University, 2021.

CAEN, K. et al. A longitudinal study on the interchangeable use of whole-body and local exercise thresholds in cycling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 7, p. 1657–1670, 2022.

CAMPOS, F. D. S. et al. HIIT models in addition to training load and heart rate variability are related with physiological and performance adaptations after 10-weeks of training in young futsal players. **Frontiers in Psychology**, v. 12, p. 636153, 2021.

CARITÁ, R. A. C.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Maximal lactate steady state and critical power in well-trained cyclists. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 5, p. 370–373, 2009.

- CARMINATTI, L. J. et al. Predicting maximal lactate steady state from Carminatti's shuttle run test in soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 02, p. 153–160, 2021.
- CARR, A. J.; HOPKINS, W. G.; GORE, C. J. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: A meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 41, n. 10, p. 801–814, 2011.
- CARTER, H.; JONES, A. M.; DOUST, J. H. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. **Journal of Sports Sciences**, v. 17, n. 12, p. 957–967, jan. 1999a.
- CARTER, H.; JONES, A. M.; DOUST, J. H. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 31, n. 6, p. 837–845, jun. 1999b.
- CEREZUELA-ESPEJO, V. et al. The relationship between lactate and ventilatory thresholds in runners: Validity and reliability of exercise test performance parameters. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 1320, 2018.
- CHALMERS, I.; HEDGES, L. V.; COOPER, H. A brief history of research synthesis. **Evaluation & the Health Professions**, v. 25, n. 1, p. 12–37, 2002.
- CHARLTON, B. G. The uses and abuses of meta-analysis. **Family Practice**, v. 13, n. 4, p. 397–401, 1996.
- CHENG, B. et al. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. **International Journal of Sports Medicine**, v. 13, n. 07, p. 518–522, 1992.
- CHEUNG, M. W. L.; CHAN, W. A two-stage approach to synthesizing covariance matrices in meta-analytic structural equation modeling. **Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal**, v. 16, n. 1, p. 28–53, 2009.
- CHEUNG, M. W.-L. Modeling dependent effect sizes with three-level meta-analyses: A structural equation modeling approach. **Psychological Methods**, v. 19, n. 2, p. 211–229, 2014.

CHEUNG, M. W.-L. A guide to conducting a meta-analysis with non-independent effect sizes. **Neuropsychology Review**, v. 29, n. 4, p. 387–396, dez. 2019.

COAKLEY, S. L.; PASSFIELD, L. Cycling performance is superior for time-to-exhaustion versus time-trial in endurance laboratory tests. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 11, p. 1228–1234, jun. 2018.

COELHO, D. B. et al. Anaerobic threshold of 4.0mM is able to estimate the maximal lactate steady state of soccer players on the field tests. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 23, n. 2, p. 32–39, 2015.

CONCONI, F. et al. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **Journal of Applied Physiology**, v. 52, n. 4, p. 869–873, 1982.

CONCONI, F. et al. The Conconi test: Methodology after 12 years of application. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, n. 07, p. 509–519, 1996.

COOPER, H.; HEDGES, L. V.; VALENTINE, J. C. **The Handbook of Research Synthesis and Meta-Analysis**. New York: Russell Sage Foundation, 2019.

COUNSELL, C. Formulating questions and locating primary studies for inclusion in systematic reviews. **Annals of Internal Medicine**, v. 127, n. 5, p. 380–387, 1997.

COUTTS, K. D. Dynamic characteristics of a sport wheelchair. **The Journal of Rehabilitation Research and Development**, v. 28, n. 3, p. 45, 1991.

COYLE, E. F. et al. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 23, n. 1, p. 93–107, 1991.

CRAIG, J. C. et al. Critical power: Possibly the most important fatigue threshold in exercise physiology. Em: **Muscle and Exercise Physiology**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 159–181.

CRAIG, J. C.; BROXTERMAN, R. M.; BARSTOW, T. J. Considerations for identifying the boundaries of sustainable performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 9, p. 1997, 2015.

CURRAN-EVERETT, D. Magnitude-based inference: Good idea but flawed approach. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 50, n. 10, p. 2164–2165, 2018.

CZUBA, M. et al. Lactate threshold (D-Max method) and maximal lactate steady state in cyclists. **Journal of Human Kinetics**, v. 21, p. 49–56, 2009.

D'ANGELO, R. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade de crítica em atletas fundistas de alto rendimento: relações com performances**. Master Dissertation—Rio Claro, São Paulo, Brazil: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2008.

DAUSIN, C. et al. **Validation of lactate minimum power testing in cyclists**. Journal of Science and Cycling. **Anais... Em: SCIENCE & CYCLING CONGRESS**. Brussels, Belgium: 2019.

DAVIS, H. A. et al. Anaerobic threshold and lactate turnpoint. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 50, n. 3, p. 383–392, 1983.

DAVIS, H. A.; GASS, G. C. Blood lactate concentrations during incremental work before and after maximum exercise. **British Journal of Sports Medicine**, v. 13, n. 4, p. 165–169, 1 dez. 1979.

DAVIS, H. A.; GASS, G. C. The anaerobic threshold as determined before and during lactic acidosis. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 47, n. 2, p. 141–149, 1981.

DE BARROS, C. L. M. et al. Maximal lactate steady state: A new proposal to estimates through of an incremental test in cyclergometer. **Motricidade**, v. 8, n. S2, p. 742–750, 2012.

DE BARROS, C. L. M. et al. Individual anaerobic threshold estimates maximal lactate steady state in temperate and hot climate. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 56, n. 1–2, p. 27–33, 2016.

DE LUCAS, R. D. et al. Comparison of the exercise intensity at lactate minimum, lactate threshold, and anaerobic threshold during bicycle exercise with endurance athletes. **Brazilian Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 5, p. 172–179, 2000.

DE LUCAS, R. D. et al. The validity of critical speed determined from track cycling for identification of the maximal lactate steady state. **Biology of Sport**, v. 19, n. 3, p. 239–249, 2002.

DE LUCAS, R. D. et al. Is the critical running speed related to the intermittent maximal lactate steady state? **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 11, n. 1, p. 89–94, 2012.

DE LUCAS, R. D. Discussion of “Can measures of critical power precisely estimate the maximal metabolic steady-state?” – Is it still necessary to compare critical power to maximal lactate steady state? **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 43, n. 1, p. 94–95, 2018.

DE SOUZA, K. M. et al. Maximal lactate steady state estimated by different methods of anaerobic threshold. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 14, n. 3, p. 264–275, 2012.

DEKERLE, J. et al. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 3–4, p. 281–288, 2003.

DEKERLE, J. et al. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 7, p. 524–530, 2005.

DENADAI, B. S. et al. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 37, n. 10, p. 1551–1556, 2004.

DENADAI, B. S.; GOMIDE, E. B. G.; GRECO, C. C. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 2, p. 364–368, 2005.

DENADAI, B. S.; HIGINO, W. P. Effect of the passive recovery period on the lactate minimum speed in sprinters and endurance runners. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 7, n. 4, p. 488–496, 2004.

DERSIMONIAN, R.; LAIRD, N. Meta-analysis in clinical trials. **Controlled Clinical Trials**, v. 7, n. 3, p. 177–188, 1 set. 1986.

DEVLIN, J. et al. Blood lactate clearance after maximal exercise depends on active recovery intensity. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 54, n. 3, p. 271–278, 2014.

DICKHUTH, H.-H. et al. **Individual Anaerobic Threshold for Evaluation of Competitive Athletes and Patients with Left Ventricular Dysfunction**. (N. Bachl, T. E. Graham, H. Löllgen, Eds.) *Advances in Ergometry. Anais...* Berlin, Heidelberg: Springer, 1991.

DICKHUTH, H.-H. et al. Ventilatory, lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: Relationship and reproducibility. **International Journal of Sports Medicine**, v. 20, n. 02, p. 122–127, 1999.

DOTAN, R. et al. Reliability and validity of the lactate-minimum test. A revisit. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 51, n. 1, p. 42–49, 2011.

DOTAN, R. Reverse lactate threshold: A novel single-session approach to reliable high-resolution estimation of the anaerobic threshold. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 7, n. 2, p. 141–151, 2012.

DOTAN, R. A critical review of critical power. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 7, p. 1559–1588, 2022a.

DOTAN, R. Unwarranted manipulation of the critical power concept: response to Dr. Burnley. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 7, p. 1743–1744, 2022b.

DOTAN, R. Crystallization of the critical power controversy: response to Black et al. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 7, p. 1747–1748, 2022c.

DRAGONEA, P. et al. Determination of the exercise intensity corresponding with maximal lactate steady state in high-level basketball players. **Research in Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 112–120, 2019.

EL-SAYED, M. S.; GEORGE, K. P.; DYSON, K. The influence of blood sampling site on lactate concentration during submaximal exercise at 4 mmol.l⁻¹ lactate level. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 67, n. 6, p. 518–22, 1993.

ESPADA, M. C. et al. Can an incremental step test be used for maximal lactate steady state determination in swimming? Clues for practice. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 2, p. 477, 2021.

ESPADA, M.; PESSÔA FILHO, D. M.; ALVES, F. **Critical velocity relationship to ventilatory gas exchange parameters and maximal lactase steady state in swimming.** . Em: 22ND ANNUAL CONGRESS OF THE EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE. Bochum, Germany: 2017.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: How valid are they? **Sports Medicine**, v. 39, n. 6, p. 469–490, 2009.

FERNANDES, R. et al. Step length and individual anaerobic threshold assessment in swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 12, p. 940–946, 2011.

FERRARI, H. G. et al. Aerobic evaluation in elite slalom kayakers using a tethered canoe system: A new proposal. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 7, p. 864–871, 2017.

FIGUEIRA, T. R. et al. Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 11, n. 3, p. 280–286, 2008.

FIGUEIRA, T. R.; DENADAI, B. S. The relationship between anaerobic threshold, individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state in cyclists. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 12, n. 2, p. 91–95, 2004.

FONTANA, F. Y. et al. Identification of critical intensity from a single lactate measure during a 3-min, submaximal cycle-ergometer test. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 22, p. 2191–2197, 17 nov. 2017.

FONTANA, P.; BOUTELLIER, U.; KNÖPFLI-LENZIN, C. Time to exhaustion at maximal lactate steady state is similar for cycling and running in moderately trained subjects. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 2, p. 187–192, set. 2009.

FOXDAL, P. et al. Lactate concentration differences in plasma, whole blood, capillary finger blood and erythrocytes during submaximal graded exercise in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 61, n. 3–4, p. 218–222, 1990.

FOXDAL, P. et al. The effect of different blood sampling sites and analyses on the relationship between exercise intensity and 4.0 mmol.l-1 blood lactate concentration. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 63, n. 1, p. 52–4, 1991.

FOXDAL, P.; SJÖDIN, A.; SJÖDIN, B. Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 17, n. 5, p. 360–365, 1996.

GALÁN-RIOJA, M. Á. et al. Relative proximity of critical power and metabolic/ventilatory thresholds: Systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 50, n. 10, p. 1771–1783, 2020.

GALÁN-RIOJA, M. Á. et al. Authors' reply to Ibai García-Tabar and Esteban M. Gorostiaga: Comment on “Relative proximity of critical power and metabolic/ventilatory thresholds: Systematic review and meta-analysis”. **Sports Medicine**, v. 51, n. 9, p. 2015–2016, 2021a.

GALÁN-RIOJA, M. Á. et al. Authors' reply to Keir et al.: Comment on “relative proximity of critical power and metabolic/ventilatory thresholds: Systematic review and meta-analysis”. **Sports Medicine**, v. 51, n. 2, p. 369–370, 2021b.

GARCIA-TABAR, I.; GOROSTIAGA, E. M. A “blood relationship” between the overlooked minimum lactate equivalent and maximal lactate steady state in trained runners. Back to the old days? **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 1034, 2018.

GARCIA-TABAR, I.; GOROSTIAGA, E. M. Considerations regarding maximal lactate steady state determination before redefining the gold-standard. **Physiological Reports**, v. 7, n. 10, p. e14098, 2019.

GARCIA-TABAR, I.; GOROSTIAGA, E. M. Comment on: “Relative proximity of critical power and metabolic/ventilatory thresholds: Systematic review and meta-analysis”. **Sports Medicine**, v. 51, n. 9, p. 2011–2013, 2021.

GARCIA-TABAR, I.; RAMPININI, E.; GOROSTIAGA, E. M. Lactate equivalent for maximal lactate steady state determination in soccer. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 90, n. 4, p. 678–689, 2019.

GELMAN, A. et al. **Bayesian data analysis**. 3. ed. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2013.

GELMAN, A. **Prior Choice Recommendations**. Disponível em: <<https://github.com/standev/stan>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

GELMAN, A.; HILL, J. **Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models**. New York: Cambridge University Press, 2007.

GEORGE, K. P. et al. Fingertip and venous blood lactate concentration in response to graded treadmill exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 11, n. 2, p. 139–143, 2007.

GIL-REY, E. et al. Estimation of the maximal lactate steady state in postmenopausal women. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 15, p. 1725–1733, 2019.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. **Educational Researcher**, v. 5, n. 10, p. 3–8, 1976.

GORE, C. J.; HOPKINS, W. G.; BURGE, C. M. Errors of measurement for blood volume parameters: a meta-analysis. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 99, n. 5, p. 1745–1758, 2005.

GOROSTIAGA, E. M.; GARCIA-TABAR, I.; SÁNCHEZ-MEDINA, L. Critical power: Over 95 years of “evidence” and “evolution”. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 32, n. 6, p. 1069–1071, 2022a.

GOROSTIAGA, E. M.; GARCIA-TABAR, I.; SÁNCHEZ-MEDINA, L. Response to commentaries on: “Over 55 years of critical power: fact or artifact?” **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 32, n. 5, p. 935–936, 2022b.

GOROSTIAGA, E. M.; GARCIA-TABAR, I.; SÁNCHEZ-MEDINA, L. Response to commentary on: “Over 55 years of critical power: Fact or artifact?” **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 32, n. 3, p. 638–639, 2022c.

GOROSTIAGA, E. M.; GARCIA-TABAR, I.; SÁNCHEZ-MEDINA, L. Critical power: Artifact-based weaknesses. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 33, n. 1, p. 101–103, jan. 2023.

GOROSTIAGA, E. M.; SÁNCHEZ-MEDINA, L.; GARCIA-TABAR, I. Over 55 years of critical power: Fact or artifact? **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 32, n. 1, p. 116–124, 2022.

GRASSI, B. et al. Blood lactate accumulation and muscle deoxygenation during incremental exercise. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 87, n. 1, p. 348–355, 1999.

GRECO, C. C. et al. Effect of aerobic training status on both maximal lactate steady state and critical power. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 4, p. 736–743, 2012.

GRECO, C. C. et al. How narrow is the spectrum of submaximal speeds in swimming? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 5, p. 1450–1454, 2013.

GREENLAND, S. et al. Statistical tests, P values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. **European Journal of Epidemiology**, v. 31, n. 4, p. 337–350, 2016.

GREENLAND, S. Valid p-values behave exactly as they should: Some misleading criticisms of p-values and their resolution with s-values. **The American Statistician**, v. 73, n. sup1, p. 106–114, 2019.

GROSSL, T. et al. Maximal lactate steady-state and anaerobic thresholds from different methods in cyclists. **European Journal of Sport Science**, v. 12, n. 2, p. 161–167, 2012a.

GROSSL, T. et al. Time to exhaustion at intermittent maximal lactate steady state is longer than continuous cycling exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 6, p. 1047–1053, 2012b.

HARP, J. B. **Validity of a novel staged exercise test in measuring maximal lactate steady state in recreational cyclists using the Lactate Plus Analyzer**. Master Thesis—
Stephenville: Tarleton State University, 2017.

HAUSER, T.; ADAM, J.; SCHULZ, H. Comparison of selected lactate threshold parameters with maximal lactate steady state in cycling. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 06, p. 517–521, 2013.

HAVERTY, M.; KENNEY, W. L.; HODGSON, J. L. Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. **British Journal of Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 51–54, 1988.

HECK, H. et al. Justification of the 4-mmol/l Lactate Threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v. 06, n. 03, p. 117–130, 1985.

HECK, H. **Laktat in der Leistungsdiagnostik**. Schorndorf: Hofmann, 1991.

HECK, H.; BENEKE, R. 30 years of lactate thresholds—what remains to be done? [in German]. **Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin**, v. 59, n. 12, p. 297–302, 2008.

HECK, H.; HESS, G.; MADER, A. Comparative study of different lactate threshold concepts. **Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin**, v. 36, n. 1+2, p. 19- 25,40-52, 1985.

HECK, H.; MÜLLER, T.; HOLLMANN, W. **The influence of test protocol on the relative threshold**. (N. Bachl, T. E. Graham, H. Löllgen, Eds.)Advances in ergometry. **Anais...**Berlin, Heidelberg: Springer, 1991.

HECKSTEDEN, A. et al. Validity of lactate thresholds in inline speed skating. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 9, p. 2497–2502, 2015.

HIGGINS, J. P. T. et al. Measuring inconsistency in meta-analyses. **BMJ: British Medical Journal**, v. 327, n. 7414, p. 557, 2003.

HIGGINS, J. P. T. Commentary: Heterogeneity in meta-analysis should be expected and appropriately quantified. **International Journal of Epidemiology**, v. 37, n. 5, p. 1158–1160, 2008.

HIGGINS, J. P. T.; THOMAS, J. **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**. 6.2 ed. London: John Wiley & Sons, 2021.

HIGGINS, J. P. T.; THOMPSON, S. G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. **Statistics in Medicine**, v. 21, n. 11, p. 1539–1558, 2002.

HIGINO, W. P.; DENADAI, B. S. Effect of the recovery period on the validity of the lactate minimum test to determine the maximal lactate steady state in endurance runners. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 16, n. 1, p. 5–15, 2002.

HILDEBRAND, H. DE C. **Predição da intensidade de corrida em máxima fase estável de lactato a partir da velocidade crítica em homens jovens, moderadamente ativos**. Monograph—Rio Claro, São Paulo, Brazil: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2010.

HILL, A. V. **Muscular movement in man: the factors governing speed and recovery from fatigue**. London, New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1927.

HILL, D. W. The critical power concept: A review. **Sports Medicine**, v. 16, n. 4, p. 237–254, 1993.

HILL, D. W.; POOLE, D. C.; SMITH, J. C. The relationship between power and the time to achieve $\dot{V}O_{2\max}$. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 4, p. 709–714, 2002.

HILLE, C. T.; GEIGER, L. V. Mathematische beschreibung der laktatkinetik beim stufentest und umsetzung in eine datenbankorientierte analysen-software. **Leistungssport**, v. 23, n. 5, p. 46–51, 1993.

HINCKSON, E. A.; HOPKINS, W. G. Reliability of time to exhaustion analyzed with critical-power and log-log modeling. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 4, p. 696–701, 2005.

HOFMANN, P. et al. Heart rate threshold related to lactate turn point and steady-state exercise on a cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 69, n. 2, p. 132–139, 1994.

HOGAN, C. et al. Quantifying sprint kayak training on a flowing river: Exploring the utility of novel power measures and its relationship to measures of relative boat speed. **European Journal of Sport Science**, p. doi: 10.1080/17461391.2021.1977393, 2021.

HOLLMANN, W. **The relationship between pH, lactic acid, potassium in the arterial and venous blood, the ventilation (PoW) and pulse frequency during increasing spiroergometric work in endurance-trained and untrained persons.** Pan-American Congress for Sports Medicine. **Anais...**Chicago: 1959.

HOLLMANN, W. Historical Remarks on the Development of the Aerobic-Anaerobic Threshold up to 1966. **International Journal of Sports Medicine**, v. 06, n. 03, p. 109–116, 1985.

HOLLMANN, W. 42 years ago - Development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. **Sports Medicine**, v. 31, n. 5, p. 315–320, 2001.

HOPKINS, W. G. et al. Relation between power and endurance for treadmill running of short duration. **Ergonomics**, v. 32, n. 12, p. 1565–1571, 1989.

HOPKINS, W. G. A socratic dialogue on comparison of measures. **Sportscience**, v. 14, p. 15–21, 2010.

HOPKINS, W. G. Spreadsheets for analysis of validity and reliability. **Sportscience**, v. 19, p. 36–42, 2015a.

HOPKINS, W. G. Individual responses made easy. **Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 12, p. 1444–1446, 2015b.

HOPKINS, W. G. Improving meta-analyses in sport and exercise science. **Sportscience**, v. 22, p. 11–17, 2018.

HOPKINS, W. G. Magnitude-based decisions. **Sportscience**, v. 23, p. i–iii, 2019.

HOPKINS, W. G.; HAWLEY, J. A.; BURKE, L. M. Design and analysis of research on sport performance enhancement. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 31, n. 3, p. 472–485, 1999.

HOPKINS, W. G.; SCHABORT, E. J.; HAWLEY, J. A. Reliability of power in physical performance tests. **Sports Medicine**, v. 31, n. 3, p. 211–234, 2001.

IANNETTA, D. et al. Establishing the $\dot{V}O_2$ versus constant-work-rate relationship from ramp-incremental exercise: simple strategies for an unsolved problem. **Journal of Applied Physiology**, v. 127, n. 6, p. 1519–1527, 2019.

IANNETTA, D. et al. Methodological reconciliation of CP and MLSS and their agreement with the maximal metabolic steady state. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 54, n. 4, p. 622–632, 2022.

INTHOUT, J. et al. Plea for routinely presenting prediction intervals in meta-analysis. **BMJ Open**, v. 6, n. 7, p. e010247, 2016.

JAKOBSSON, J.; MALM, C. Maximal lactate steady state and lactate thresholds in the cross-country skiing sub-technique double poling. **International Journal of Exercise Science**, v. 12, n. 2, p. 57–68, 2019.

JAMNICK, N. A. et al. Manipulating graded exercise test variables affects the validity of the lactate threshold and $\dot{V}O_{2peak}$. **PLoS ONE**, v. 13, n. 7, p. e0199794, 2018.

JOHNSON, M. A.; SHARPE, G. R.; BROWN, P. I. Investigations of the lactate minimum test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 6, p. 448–454, 2009.

JONES, A. M. et al. Muscle metabolic responses to exercise above and below the “critical power” assessed using ^{31}P -MRS. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 294, n. 2, p. R585–R593, 2008.

JONES, A. M. et al. Critical power: Implications for determination of VO_{2max} and exercise tolerance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 10, p. 1876–1890, 2010.

JONES, A. M. et al. The maximal metabolic steady state: redefining the ‘gold standard’. **Physiological Reports**, v. 7, n. 10, p. e14098, 2019a.

JONES, A. M. et al. Response to considerations regarding maximal lactate steady state determination before redefining the gold-standard. **Physiological Reports**, v. 7, n. 22, p. e14292, 2019b.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 8, p. 1304–1313, 1998.

KARA, M. et al. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 36, n. 1, p. 31–34, 1996.

KARSTEN, B. et al. Validity and reliability of critical power field testing. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 1, p. 197–204, 2015.

KEIR, D. A. et al. Exercise intensity thresholds: identifying the boundaries of sustainable performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 9, p. 1932–1940, 2015.

KEIR, D. A. et al. Comment on: “Relative proximity of critical power and metabolic/ventilatory thresholds: Systematic review and meta-analysis”. **Sports Medicine**, v. 51, n. 2, p. 367–368, 2021.

KEIR, D. A. et al. Identification of non-invasive exercise thresholds: Methods, strategies, and an online app. **Sports Medicine**, v. 52, n. 2, p. 237–255, 2022.

KEIR, D. A.; MATTIONI MATURANA, F.; MURIAS, J. M. Reply to “Discussion of ‘Can measures of critical power precisely estimate the maximal metabolic steady-state?’ – Is it still necessary to compare critical power to maximal lactate steady state?’” – When is it appropriate to compare critical power to maximal lactate steady-state? **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 43, n. 1, p. 96–97, 2018.

KEIR, D. A.; POGLIAGHI, S.; MURIAS, J. M. Response. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 3, p. 603, 2019.

KELLER, S.; MANUNZIO, C.; WAHL, P. Comparison of different test protocols to determine maximal lactate steady state intensity in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 25, n. 8, p. 696–701, 2022.

KERR, N. L. HARKing: Hypothesizing After the Results are Known. **Personality and Social Psychology Review**, v. 2, n. 3, p. 196–217, 1998.

KEUL, J.; BERG, A. Energiestoffwechsel und körperliche Leistung. Em: HOLLMANN, W. (Ed.). **Zentrale Themen der Sportmedizin**. Berlin, Heidelberg: Springer, 1986. p. 196–244.

KILDING, A. E.; JONES, A. M. Validity of a single-visit protocol to estimate the maximum lactate steady state. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 10, p. 1734–1740, 2005.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 42, n. 1, p. 25–34, 1979.

KLUSIEWICZ, A. Relationship between the anaerobic threshold and the maximal lactate esteady state in male and female rowers. **Biology of Sport**, v. 22, n. 2, p. 171–180, 2005.

KNOEPFLI-LENZIN, C.; BOUTELLIER, U. Lactate minimum is valid to estimate maximal lactate steady state in moderately and highly trained subjects. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 5, p. 1355–1359, 2011.

KOERICH, A. C. C. et al. Effects of the ketogenic diet on performance and body composition in athletes and trained adults: a systematic review and Bayesian multivariate multilevel meta-analysis and meta-regression. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 0, n. 0, p. 1–26, 2022.

KONSTANTOPOULOS, S.; HEDGES, L. V. Statistically analyzing effect sizes: Fixed- and random-effects models. In Cooper H, Hedges LV, Valentine JC Editors. *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. Em: 3. ed. New York: Russell Sage Foundation, 2019. p. 245–280.

- KRUSCHKE, J. K. Rejecting or accepting parameter values in Bayesian estimation. **Advances in Methods and Practices in Psychological Science**, v. 1, n. 2, p. 270–280, 2018.
- KRUSCHKE, J. K.; LIDDELL, T. M. The bayesian new statistics: Hypothesis testing, estimation, meta-analysis, and power analysis from a bayesian perspective. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 25, p. 178–206, 2018a.
- KRUSCHKE, J. K.; LIDDELL, T. M. Bayesian data analysis for newcomers. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 25, n. 1, p. 155–177, 2018b.
- LAFONTAINE, T. P.; LONDEREE, B. R.; SPATH, W. K. The maximal steady state versus selected running events. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 13, n. 3, p. 190–193, 1981.
- LAPLACE, P. S. **Essai philosophique sur les probabilités**. 5. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1825.
- LEPERS, R. Analysis of Hawaii Ironman performances in elite triathletes from 1981 to 2007. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 10, p. 1828–1834, 2008.
- LI, F. et al. Kinetics, moderators and reference limits of exercise-induced elevation of cardiac troponin T in athletes: A systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 651851, 2021.
- LI, Y. et al. Maximal lactate steady state in kayaking. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 11, p. 939–942, 2014.
- LIEVENS, M. et al. W' reconstitution accelerates more with decreasing intensity in the heavy- versus the moderate-intensity domain. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 53, n. 6, p. 1276–1284, 2021.
- LINDINGER, M. I. Critically assessing paradigms in applied exercise physiology. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 7, p. 1543–1544, 2022.
- LOHSE, K. R. et al. Systematic review of the use of “magnitude-based inference” in sports science and medicine. **PLoS ONE**, v. 15, n. 6, p. e0235318, 2020.

LOURES, J. P. et al. Specific determination of maximal lactate steady state in soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 1, p. 101–106, 2015.

LUCÍA, A. et al. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. **British Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 3, p. 178–85, 1999.

MACHADO, F. A.; NAKAMURA, F. Y.; MORAES, S. M. F. D. Influence of regression model and incremental test protocol on the relationship between lactate threshold using the maximal-deviation method and performance in female runners. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 12, p. 1267–1274, 2012.

MACHADO, L. et al. Assessing the individual anaerobic threshold: the mathematical model. **Portuguese Journal of Sport Sciences**, v. 6, p. 142–144, 2006.

MACHADO, M. V. et al. Effect of 12 weeks of training on critical velocity and maximal lactate steady state in swimmers. **European Journal of Sport Science**, v. 11, n. 3, p. 165–170, 2011.

MACHADO, M. V. et al. Does critical velocity represent the maximal lactate steady state in youth swimmers? **Science & Sports**, v. 34, n. 3, p. e209–e215, 2019.

MACINTOSH, B. R.; ESAU, S.; SVEDAHL, K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 27, n. 3, p. 232–249, jun. 2002.

MACMILLAN, G. C. S. et al. Variability in the study quality appraisals reported in systematic reviews on the acute:chronic workload ratio and injury risk. **Sports Medicine**, v. 50, n. 11, p. 2065–2067, 2020.

MADER, A. et al. Zur beurteilung der sportartspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit. **Sportarzt Sportmed**, v. 27, n. 4–5, p. 80–88, 109–112, 1976.

MADER, A.; HECK, H. A theory of the metabolic origin of “anaerobic threshold”. **International Journal of Sports Medicine**, v. 07, n. S 1, p. S45–S65, 14 jun. 1986.

MADRID, B. et al. Estimation of the maximal lactate steady state intensity by the rating of perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v. 122, n. 1, p. 136–149, 2016.

MAHER, C. G. et al. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. **Physical Therapy**, v. 83, n. 8, p. 713–721, 2003.

MALCATA, R. M.; HOPKINS, W. G. Variability of competitive performance of elite athletes: A systematic review. **Sports Medicine**, v. 44, n. 12, p. 1763–1774, 2014.

MAMEN, A.; LAPARIDIS, C.; VAN DEN TILLAAR, R. Precision in estimating maximal lactate steady state performance in running using a fixed blood lactate concentration or a delta value from an incremental lactate profile test. **International Journal of Applied Sports Sciences**, v. 23, n. 1, p. 212–224, 2011.

MAMEN, A.; VAN DEN TILLAAR, R. Estimating the maximal lactate steady state power from an incremental test using Lactate Pro® LP1710. **International Journal of Applied Sports Sciences**, v. 21, n. 1, p. 74–85, 2009.

MANN, T.; LAMBERTS, R. P.; LAMBERT, M. I. Methods of prescribing relative exercise intensity: Physiological and practical considerations. **Sports Medicine**, v. 43, n. 7, p. 613–625, 2013.

MARWOOD, S.; GOULDING, R. P. Over 55 years of critical power: Fact. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 32, n. 6, p. 1064–1065, 2022.

MARWOOD, S.; GOULDING, R. P.; ROCHE, D. M. Determining the upper limit of the metabolic steady state. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 3, p. 602–602, 2019.

MATSUMOTO, I. et al. Effects of swimming training on aerobic capacity and exercise induced bronchoconstriction in children with bronchial asthma. **Thorax**, v. 54, n. 3, p. 196–201, 1999.

MATTIONI MATURANA, F. **Determining the maximal physiological steady state in cycling with precision: Critical power estimations or self-selected exercise intensity?** Master Thesis—Calgary, Alberta, Canada: University of Calgary, 2016.

MATTIONI MATURANA, F. et al. Can measures of critical power precisely estimate the maximal metabolic steady-state? **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 41, n. 11, p. 1197–1203, 2016.

MATTIONI MATURANA, F. et al. Critical power testing or self-selected cycling: Which one is the best predictor of maximal metabolic steady-state? **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 8, p. 795–799, ago. 2017.

MATTIONI MATURANA, F. et al. Critical power: How different protocols and models affect its determination. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 21, n. 7, p. 742–747, 2018.

MCCARTNEY, D.; DESBROW, B.; IRWIN, C. Post-exercise ingestion of carbohydrate, protein and water: A systematic review and meta-analysis for effects on subsequent athletic performance. **Sports Medicine**, v. 48, n. 2, p. 379–408, 2018.

MCLELLAN, T. M.; CHEUNG, K. S. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 24, n. 5, p. 543–550, 1992.

MENGERSEN, K. L. et al. Bayesian estimation of small effects in exercise and sports science. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. e0147311, 2016.

MENZIES, P. et al. Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, n. 9, p. 975–982, 2010.

MESSIAS, L. H. D. et al. The lactate minimum test: Concept, methodological aspects and insights for future investigations in human and animal models. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 389, 2017.

MESSIAS, L. H. D. **Proposta individualizada para investigar a validade do teste de lactato mínimo em cicloergômetro**. Doctoral Thesis—Limeira, São Paulo, Brazil: Universidade Estadual de Campinas, 2018.

- MEYER, T. et al. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters - theory and application. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, p. S38–S48, 2005.
- MINETTI, A. E. et al. Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 3, p. 1039–1046, 2002.
- MOHER, D. et al. Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: the QUOROM statement. **The Lancet**, v. 354, n. 9193, p. 1896–1900, 1999.
- MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, p. e1000097, 2009.
- MOKKINK, L. B. et al. COSMIN Risk of Bias tool to assess the quality of studies on reliability or measurement error of outcome measurement instruments: a Delphi study. **BMC Medical Research Methodology**, v. 20, n. 1, p. 293, 2020.
- MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v. 8, n. 3, p. 329–338, 1965.
- MOREY, R. D. et al. The fallacy of placing confidence in confidence intervals. **Psychonomic Bulletin and Review**, v. 23, n. 1, p. 103–123, 2016.
- MORITANI, T. et al. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, v. 24, n. 5, p. 339–350, 1981.
- MORTON, R. H. A 3-parameter critical power model. **Ergonomics**, v. 39, n. 4, p. 611–619, 1996.
- MOTOYAMA, Y. L. et al. Alternative methods for estimating maximum lactate steady state velocity in physically active young adults. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 16, n. 4, p. 419–426, 2014.
- MUNIZ-PUMARES, D. et al. Methodological approaches and related challenges associated with the determination of critical power and curvature constant. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 2, p. 584–596, 2019.

MURAD, M. H. et al. New evidence pyramid. **BMJ Evidence-Based Medicine**, v. 21, n. 4, p. 125–127, 2016.

NAGATA, A. et al. Anaerobic threshold determination by blood lactate and myoelectric signals. **The Japanese Journal of Physiology**, v. 31, n. 4, p. 585–597, 1981.

NAKAGAWA, S. et al. Meta-analysis of variation: ecological and evolutionary applications and beyond. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, n. 2, p. 143–152, 2015.

NAKAGAWA, S. et al. An assessment of statistical methods for non-independent data in ecological meta-analyses: Comment. **Ecology**, p. e03490, 2021.

NIEMEYER, M. et al. Is the maximal lactate steady state concept really relevant to predict endurance performance? **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 10, p. 2259–2269, 2022.

NIKITAKIS, I. et al. Physiological responses of continuous and intermittent swimming at critical speed and maximum lactate steady state in children and adolescent swimmers. **Sports**, v. 7, n. 1, p. 25, 2019.

NIKITAKIS, I. S.; TOUBEKIS, A. G. Lactate threshold evaluation in swimmers: The importance of age and method. **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 9, p. 818–824, 2021.

NIXON, R. J. et al. Steady-state \dot{V}_{O_2} above MLSS: evidence that critical speed better represents maximal metabolic steady state in well-trained runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 11, p. 3133–3144, 2021.

OKUNO, N. M. et al. Physiological and perceived exertion responses at intermittent critical power and intermittent maximal lactate steady state. **Journal of Strength and Condition Research**, v. 25, n. 7, p. 2053–2058, 2011.

OLIVEIRA, M. F. M. et al. Physiological and stroke parameters to assess aerobic capacity in swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 7, n. 3, p. 218–223, 2012.

OUZZANI, M. et al. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 5, n. 1, p. 210, 2016.

OVEREND, T. J. et al. Physiological responses of young and elderly men to prolonged exercise at critical power. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 2, p. 187–193, 1992.

OWLES, W. H. Alterations in the lactic acid content of the blood as a result of light exercise, and associated changes in the co₂-combining power of the blood and in the alveolar co₂ pressure. **The Journal of Physiology**, v. 69, n. 2, p. 214–237, 1930.

OZKAYA, O. et al. Grey zone: A gap between heavy and severe exercise domain. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 36, n. 1, p. 113–120, 2022.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, p. n71, 2021a.

PAGE, M. J. et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, p. n160, 2021b.

PALLARÉS, J. G. et al. Validity and reliability of ventilatory and blood lactate thresholds in well-trained cyclists. **PLoS ONE**, v. 11, n. 9, p. e0163389, 2016.

PALLARÉS, J. G. et al. Time to exhaustion during cycling is not well predicted by critical power calculations. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 45, n. 7, p. 753–760, 2020.

PARDONO, E. et al. Maximal lactate steady-state prediction through quadratic modeling of selected stages of the lactate minimum test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 4, p. 1073–1080, 2008.

PARDONO, E. et al. Lactate minimum in a ramp protocol and its validity to estimate the maximal lactate steady state. **Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance**, v. 11, n. 2, p. 74–180, 2009.

- PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Tests of cycling performance. **Sports Medicine**, v. 31, n. 7, p. 489–496, 2001.
- PEARSON, K. Report on certain enteric fever inoculation statistics. **BMJ**, v. 2, n. 2288, p. 1243–1246, 1904.
- PELARIGO, J. G. et al. Comparison of different methods for the swimming aerobic capacity evaluation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 12, p. 3542–3551, 2018.
- PELARIGO, J. G.; DENADAI, B. S.; GRECO, C. C. Stroke phases responses around maximal lactate steady state in front crawl. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 14, n. 2, p. 168.e1-168.e5, 2011.
- PEREIRA, R. R. et al. Validation of two protocols for determination of anaerobic threshold in swimming. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 8, n. 2, p. 63–68, 2002.
- PERRET, C. et al. Correlation of heart rate at lactate minimum and maximal lactate steady state in wheelchair-racing athletes. **Spinal Cord**, v. 50, n. 1, p. 33–36, jan. 2012.
- PERRET, C.; HARTMANN, K. Heart rate-based lactate minimum test in running and cycling. **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 9, p. 812–817, 2021.
- PERRET, C.; KURZEN, J. Test protocol optimization of the heart rate-based lactate minimum test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 5, p. 427–433, 2022.
- PESSÔA FILHO, D. M.; DENADAI, B. S. Determinação da potência mecânica no limite entre os domínios pesado/severo do crawl-atado. **Motriz**, v. 16, n. 4, p. 820–833, 2010.
- PESSÔA FILHO, D. M.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Tether-power at maximal lactate steady-state and endurance indexes of swimming performance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 5, p. 359–65, 2014.
- PETTICREW, M. Time to rethink the systematic review catechism? Moving from ‘what works’ to ‘what happens’. **Systematic Reviews**, v. 4, n. 1, p. 36, 28 mar. 2015.

PHILP, A. et al. Maximal lactate steady state as a training stimulus. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 6, p. 475–479, 2008.

PHILP, A. **The maximal lactate steady state during endurance exercise in humans**. Doctoral Thesis—Brighton, United Kingdom: University of Brighton, 2009.

PILOTTO, A. M. et al. New on-water test for the assessment of blood lactate response to exercise in elite kayakers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 12, p. 2595–2602, 2019.

PŁOSZCZYCA, K. et al. Comparison of maximal lactate steady state with anaerobic threshold determined by various methods based on graded exercise test with 3-minute stages in elite cyclists. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 12, p. 17, 2020.

POOLE, D. C. et al. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, v. 31, n. 9, p. 1265–1279, 1988.

POOLE, D. C. et al. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. **The Journal of Physiology**, v. 599, n. 3, p. 737–767, 2021.

POOLE, D. C.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. The effects of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 59, n. 6, p. 421–429, 1990.

POSSAMAI, L. T. **Comparação e concordância dos métodos de determinação de índices aeróbios no remo**. Master Dissertation—Florianópolis, Santa Catarina, Brazil: Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

POSSAMAI, L. T. et al. Agreement of maximal lactate steady state with critical power and physiological thresholds in rowing. **European Journal of Sport Science**, v. 22, n. 3, p. 371–380, 2022.

PRINGLE, J.; JONES, A. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 3, p. 214–226, 2002.

PUGA, G. M. et al. Use of the power-time until exhaustion relationship in walk tests to evaluate aerobic fitness. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 3, p. 209–213, 2009.

PUGA, G. M. et al. Aerobic fitness evaluation during walking tests identifies the maximal lactate steady state. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1–7, 2012.

PUGA, G. M. et al. Identification of maximal lactate steady state by a short lactate minimum test in walking. **Science & Sports**, v. 36, n. 5, p. 406–412, 2021.

QUINTANA, D. S. From pre-registration to publication: a non-technical primer for conducting a meta-analysis to synthesize correlational data. **Frontiers in Psychology**, v. 6, p. 1549, 2015.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. v. Vienna, Austria, 2019.

RHODES, K. M. et al. Implementing informative priors for heterogeneity in meta-analysis using meta-regression and pseudo data. **Statistics in Medicine**, v. 35, n. 29, p. 5495–5511, 2016.

RIBEIRO, J. P. et al. Metabolic and ventilatory responses to steady state exercise relative to lactate thresholds. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 55, n. 2, p. 215–221, 1986.

RIBEIRO, L. et al. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 43, n. 3, p. 312–318, 2003.

RIBEIRO, L. F. P. et al. Limiar anaeróbio em natação: comparação entre diferentes protocolos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 18, n. 2, p. 201–212, 2004.

RICO-GONZÁLEZ, M. et al. Guidelines for performing systematic reviews in sports science. **Biology of Sport**, v. 39, n. 2, 2021.

RILEY, R. D.; HIGGINS, J. P. T.; DEEKS, J. J. Interpretation of random effects meta-analyses. **BMJ**, v. 342, p. d549, 2011.

ROBERTSON, S. J.; BURNETT, A. F.; COCHRANE, J. Tests examining skill outcomes in sport: A systematic review of measurement properties and feasibility. **Sports Medicine**, v. 44, n. 4, p. 501–518, 2014.

RÖVER, C. et al. On weakly informative prior distributions for the heterogeneity parameter in Bayesian random-effects meta-analysis. **Research Synthesis Methods**, v. 12, n. 4, p. 448–474, 2021.

RUAS, V. D. A. et al. Effects of pedaling cadence on the relationship between anaerobic threshold and maximal lactate steady state in active male individuals. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 6, n. 1, p. 15–20, 2006.

SAINANI, K. L. The problem with “magnitude-based inference”. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 50, n. 10, p. 2166–2176, 2018.

SAINANI, K. L. et al. Magnitude-based Inference is not Bayesian and is not a valid method of inference. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 29, n. 9, p. 1428–1436, 2019.

SANTHIAGO, V. **Avaliação aeróbia de nadadores através de protocolos invasivos e não invasivos em duas situações distintas: nado livre e atado**. Thesis—Rio Claro, São Paulo, Brazil: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2009.

SENIOR, A. M. et al. Meta-analysis of variance: an illustration comparing the effects of two dietary interventions on variability in weight. **Evolution, medicine, and public health**, v. 2016, n. 1, p. 244–55, 2016.

SENIOR, A. M.; VIECHTBAUER, W.; NAKAGAWA, S. Revisiting and expanding the meta-analysis of variation: The log coefficient of variation ratio. **Research Synthesis Methods**, v. 11, n. 4, p. 553–567, 2020.

SHAMSEER, L. et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. **BMJ**, v. 349, p. g7647, 2015.

SIDIK, K.; JONKMAN, J. N. A comparison of heterogeneity variance estimators in combining results of studies. **Statistics in Medicine**, v. 26, n. 9, p. 1964–1981, 2007.

SIMON, G. et al. Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom Alter und von der Leistungsfähigkeit. **Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin**, v. 32, p. 7–14, 1981.

SIMON, G. Trainingssteuerung im Schwimmsport. **Dtsch Z Sportmed**, v. 37, p. 376–379, 1986.

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

SMART, N. A. et al. Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. **International Journal of Evidence-Based Healthcare**, v. 13, n. 1, p. 9–18, 2015.

SMEKAL, G. et al. Accuracy of neuro-fuzzy logic and regression calculations in determining maximal lactate steady-state power output from incremental tests in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, p. 264–274, 2002.

SMEKAL, G. et al. Blood lactate concentration at the maximal lactate steady state is not dependent on endurance capacity in healthy recreationally trained individuals. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 8, p. 3079–3086, 2012.

SMITH, C. G. M.; JONES, A. M. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 85, p. 19–26, 2001.

SMITH, E. S. et al. A systematic review and meta-analysis comparing heterogeneity in body mass responses between low-carbohydrate and low-fat diets. **Obesity**, v. 28, n. 10, p. 1833–1842, 2020.

SMITH, T. B.; HOPKINS, W. G. Measures of rowing performance. **Sports Medicine**, v. 42, n. 4, p. 343–358, 2012.

SNYDER, A. C. et al. A simplified approach to estimating the maximal lactate steady state. **International Journal of Sports Medicine**, v. 15, n. 1, p. 27–31, 1994.

SNYDER, A. C.; PARMENTER, M. A. Using near-infrared spectroscopy to determine maximal steady state exercise intensity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 6, p. 1833–1840, 2009.

SOTERO, R. C. et al. Blood glucose minimum predicts maximal lactate steady state on running. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 09, p. 643–646, 2009a.

SOTERO, R. DA C. et al. Polynomial adjustment as a new technique for determination of lactate minimum velocity with blood sampling reduction. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 9, n. 4, p. 327–332, 2007.

SOTERO, R. DA C. et al. Indirect assessment of lactate minimum and maximal blood lactate steady-state intensity for physically active individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 847–853, maio 2009b.

SPERLICH, B. et al. Are peak oxygen uptake and power output at maximal lactate steady state obtained from a 3-min all-out cycle test? **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 6, p. 433–437, 2011.

SPERLICH, B. et al. Does a 3-minute all-out test provide suitable measures of exercise intensity at the maximal lactate steady state or peak oxygen uptake for well-trained runners? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 5, p. 805–810, 2014.

STEFANI, R. T. The relative power output and relative lean body mass of World and Olympic male and female champions with implications for gender equity. **Journal of Sports Sciences**, v. 24, n. 12, p. 1329–1339, 2006.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol·l⁻¹ lactate. **International Journal of Sports Medicine**, v. 03, n. 02, p. 105–110, 1982.

STERNE, J. A. et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. **BMJ**, v. 355, p. i4919, 2016.

STERNE, J. A. C. et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. **BMJ**, v. 366, p. 14898, 2019.

STOCKHAUSEN, W. et al. Stage duration and increase of work load in incremental testing on a cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, v. 76, n. 4, p. 295–301, 1997.

STRATTON, E. et al. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 01, p. 40–45, 2009.

SUTTON, A. et al. Meeting the review family: exploring review types and associated information retrieval requirements. **Health Information & Libraries Journal**, v. 36, n. 3, p. 202–222, 2019.

SUTTON, A. J.; ABRAMS, K. R. Bayesian methods in meta-analysis and evidence synthesis. **Statistical Methods in Medical Research**, v. 10, n. 4, p. 277–303, 2001.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 25, n. 5, p. 620–627, 1993.

TERWEE, C. B. et al. Rating the methodological quality in systematic reviews of studies on measurement properties: a scoring system for the COSMIN checklist. **Quality of Life Research**, v. 21, n. 4, p. 651–657, 1 maio 2012.

TIPTON, E.; PUSTEJOVSKY, J. E.; AHMADI, H. Current practices in meta-regression in psychology, education, and medicine. **Research Synthesis Methods**, v. 10, n. 2, p. 180–194, 2019a.

TIPTON, E.; PUSTEJOVSKY, J. E.; AHMADI, H. A history of meta-regression: Technical, conceptual, and practical developments between 1974 and 2018. **Research Synthesis Methods**, v. 10, n. 2, p. 161–179, 2019b.

TIPTON, E.; SHUSTER, J. A framework for the meta-analysis of Bland-Altman studies based on a limits of agreement approach: Bland-Altman meta-analysis. **Statistics in Medicine**, v. 36, n. 23, p. 3621–3635, 2017.

TOLFREY, K. et al. Physiological correlates of 2-mile run performance as determined using a novel on-demand treadmill. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 34, n. 4, p. 763–772, ago. 2009.

TRICCO, A. C. et al. An international survey indicated that unpublished systematic reviews exist. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 62, n. 6, p. 617- 623.e5, 2009.

TRISKA, C.; KARSTEN, B. Letter to the editor: “Over 55 years of critical power: Fact or artifact?” **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 32, n. 6, p. 1066–1067, 2022.

TURNES, T. et al. The impact of preconditioning strategies designed to improve 2000-m rowing ergometer performance in trained rowers: A systematic review and meta-analysis. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 7, p. 871–879, 2019.

URHAUSEN, A. et al. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. **International Journal of Sports Medicine**, v. 14, n. 03, p. 134–139, 1993.

VAN DE SCHOOT, R. et al. A gentle introduction to bayesian analysis: Applications to developmental research. **Child Development**, v. 85, n. 3, p. 842–860, 2014.

VAN DE SCHOOT, R. et al. Bayesian statistics and modelling. **Nature Reviews Methods Primers**, v. 1, n. 1, p. 1, 2021.

VAN DE SCHOOT, R.; MIOČEVIĆ, M. (EDS.). **Small sample size solutions: A guide for applied researchers and practitioners**. London: Routledge, 2020.

VAN RAVENZWAAIJ, D.; CASSEY, P.; BROWN, S. D. A simple introduction to Markov Chain Monte–Carlo sampling. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 25, n. 1, p. 143–154, 2018.

VAN SCHUYLENBERGH, R.; VANDEN EYNDE, B.; HESPEL, P. Correlations between lactate and ventilatory thresholds and the maximal lactate steady state in elite cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 6, p. 403–408, ago. 2004.

- VANDENBOGAERDE, T. J.; HOPKINS, W. G. Effects of acute carbohydrate supplementation on endurance performance: A meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 41, n. 9, p. 773–792, 2011.
- VANHATALO, A. et al. The mechanistic bases of the power–time relationship: muscle metabolic responses and relationships to muscle fibre type. **The Journal of Physiology**, v. 594, n. 15, p. 4407–4423, 2016.
- VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. A 3-min all-out cycling test is sensitive to a change in critical power. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 9, p. 1693–1699, 2008.
- VAUTIER, J. F. et al. Critical power as an endurance index. **Applied Ergonomics**, v. 26, n. 2, p. 117–121, 1995.
- VEHTARI, A.; GELMAN, A.; GABRY, J. Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. **Statistics and Computing**, v. 27, n. 5, p. 1413–1432, 2017.
- VERONIKI, A. A. et al. Methods to estimate the between-study variance and its uncertainty in meta-analysis. **Research Synthesis Methods**, v. 7, n. 1, p. 55–79, 2016.
- VIECHTBAUER, W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. **Journal of Statistical Software**, v. 36, n. 3, p. 1–48, 2010.
- VOBEJDA, C. et al. Maximal constant heart rate - A heart rate based method to estimate maximal lactate steady state in running. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 5, p. 368–372, maio 2006.
- WACKERHAGE, H. Contributions by the Cologne group to the development of lactate exercise testing and anaerobic threshold concepts in the 1970s and 1980s. **The Journal of Physiology**, v. 599, n. 5, p. 1713–1714, mar. 2021.
- WACKERHAGE, H. et al. Lactate thresholds and the simulation of human energy metabolism during exercise - Contributions by the Cologne Sports Medicine group in the 1970s and 1980s. **Frontiers in Physiology**, v. 13, p. 899670, 2022.

WAHL, P. et al. Accuracy of a modified lactate minimum test and reverse lactate threshold test to determine maximal lactate steady state. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 12, p. 3489–3496, 2017.

WAHL, P. et al. Higher accuracy of the lactate minimum test compared to established threshold concepts to determine maximal lactate steady state in running. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 07, p. 541–548, 2018.

WAHL, P. et al. Reverse lactate threshold test accurately predicts maximal lactate steady state and 5 km performance in running. **Biology of Sport**, v. 38, n. 2, p. 285–290, 2021.

WAKAYOSHI, K. et al. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 66, n. 1, p. 90–95, 1993.

WASSERMAN, K. et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, p. 236–243, 1973.

WASSERMAN, K.; BEAVER, W. L.; WHIPP, B. J. Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. **Circulation**, v. 81, n. 1 Suppl, p. II14-30, 1990.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **The American Journal of Cardiology**, v. 14, n. 6, p. 844–852, 1964.

WEI, Y.; HIGGINS, J. P. Estimating within-study covariances in multivariate meta-analysis with multiple outcomes. **Statistics in Medicine**, v. 32, n. 7, p. 1191–1205, 2013.

WELSH, A. H.; KNIGHT, E. J. “Magnitude-based inference”: A statistical review. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 4, p. 874–884, 2015.

WELTMAN, A. et al. Prediction of lactate threshold and fixed blood lactate concentrations from 3200-m running performance in male runners. **International Journal of Sports Medicine**, v. 8, n. 6, p. 401–406, 1987.

WELTMAN, A. et al. Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate Threshold, fixed blood lactate concentrations, and $\dot{V}O_2$ max. **International Journal of Sports Medicine**, v. 11, n. 01, p. 26–32, 1990.

WILLIAMS, D. R.; RAST, P.; BÜRKNER, P.-C. Bayesian meta-analysis with weakly informative prior distributions. **PsyArXiv**, n. 2013, p. 1–19, 2018.

WILLIAMS, J. R.; ARMSTRONG, N. Relationship of maximal lactate steady state to performance at fixed blood lactate reference values in children. **Pediatric Exercise Science**, v. 3, n. 4, p. 333–341, 1991.

WONISCH, M. et al. Effect of β_1 -selective adrenergic blockade on maximal blood lactate steady state in healthy men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 1, p. 66–71, 2002.

WYATT, F. B. Comparison of lactate and ventilatory threshold to maximal oxygen consumption: a meta-analysis. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, n. 1, p. 67–71, 1999.

YAMAMOTO, Y. et al. The ventilatory threshold gives maximal lactate steady state. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 63, n. 1, p. 55–59, 1991.

YOSHIDA, T.; TAKEUCHI, N.; SUDA, Y. Arterial versus venous blood lactate increase in the forearm during incremental bicycle exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 50, n. 1, p. 87–93, 1982.

ZAGATTO, A. M. et al. Hyperlactemia induction modes affect the lactate minimum power and physiological responses in cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 10, p. 2927–2934, 2014.

ZOLADZ, J. A.; GRASSI, B. A ‘fatigue threshold’ during incremental exercise was identified (and then forgotten) 100 years ago. **The Journal of Physiology**, v. 598, n. 13, p. 2531–2532, 2020.

ZWINGMANN, L. et al. Modifications of the Dmax method in comparison to the maximal lactate steady state in young male athletes. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 47, n. 2, p. 174–181, 2019.