

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA EM ASSOCIAÇÃO COM A
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS – FAEFID**

PEDRO HENRIQUE PRAZERES DE LIMA

Monitoramento das cargas de treinamento no ciclismo

**JUIZ DE FORA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS/UFJF
JANEIRO/2018**

PEDRO HENRIQUE PRAZERES DE LIMA

Monitoramento das cargas de treinamento no ciclismo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração de Exercício e Esporte, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

Orientador: Maurício Gattás Bara Filho

JUIZ DE FORA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS/UFJF
JANEIRO/2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Lima, Pedro Henrique Prazeres de.
Monitoramento das cargas de treinamento no ciclismo / Pedro Henrique Prazeres de Lima. -- 2018.
56 f.

Orientador: Maurício Gattás Bara Filho
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Educação Física. Programa de Pós Graduação em Educação Física, 2018.

1. Cargas de treinamento. 2. Ciclismo. 3. Desempenho. I. Filho, Maurício Gattás Bara , orient. II. Título.

PEDRO HENRIQUE PRAZERES DE LIMA

Monitoramento das cargas de treinamento no ciclismo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Doutor Maurício Gattás Bara Filho – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Doutor Jeferson Macedo Vianna
Universidade Federal de Juiz de Fora

Doutora Francine Caetano de Andrade Nogueira

Dedico este trabalho aos professores que a vida me deu e permitiram que eu chegasse até aqui. Sejam aqueles do ensino básico ou superior, aqueles que ensinam sobre a vida e a amizade e aquela que me ensina diariamente sobre o amor. Minha eterna gratidão a vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, por sempre iluminar e colocar as pessoas certas no meu caminho.

Aos meu pais, Sônia e Fernando, por proverem todas as condições para que eu pudesse ter tranquilidade e ir atrás dos meus objetivos. Essa conquista nunca seria possível sem vocês, pois o trabalho árduo só pode acontecer se houver uma base sólida para suportar a sobrecarga diária. Ao meu irmão Thiago, que mesmo de “longe” tem vital importância fornecendo suporte nas decisões e vibrando com minhas conquistas.

Ao meu amor, Sylvinha, por nunca deixar de acreditar em mim, até mesmo quando eu descredito. Seu companheirismo é cada dia mais fundamental na minha vida. Obrigado por ajudar a me tornar quem sou hoje e superar cada obstáculo juntos!

À minha família emprestada, especialmente Marisa e Felipe, pela participação em vários momentos importantes até hoje. Agradeço pela ótima convivência e troca de experiências.

A todos meus amigos de laboratório, Paula Debien, Thiago Timóteo, Pedro Augusto, Jefferson Verbena e, principalmente, Arthur Bossi, Guilherme Matta, Leonardo Pertence e Vivian Caruso, por toda ajuda e esforço dispendidos nas intermináveis viagens para coletas, análise, tabulação de dados, ensinamentos e pela amizade verdadeira. Seria simplesmente impossível chegar até aqui sem vocês. Um agradecimento especial a meu grande amigo Arthur Bossi, por sempre extrair meu máximo, me fazer refletir atitudes e pensamentos e me tornar uma pessoa melhor.

Agradeço imensamente a todos voluntários que se disponibilizaram a participar da pesquisa. É sempre uma troca de experiências enriquecedora para todos. A dedicação e garra de vocês é grande parte do que nos faz continuar motivado a buscar os melhores métodos para obter resultados que possam, também, ser incorporados à prática de cada um.

Ao professor Maurício Bara, exemplo de profissional e de pessoa. Obrigado por tornar esse processo mais tranquilo e sereno, mesmo nos momentos de dificuldade e turbulências.

Enfim, a todos aqueles que me acompanharam e apoiaram nessa caminhada, meu muito obrigado!

RESUMO

O ciclismo é um esporte de alta demanda psicofisiológica imposta aos atletas, no qual a relação dose-resposta ótima entre as cargas de treinamento (CT) aplicadas e o desempenho é a chave para obtenção de adaptações positivas ao treinamento. Por outro lado, se as CT forem excessivas ou insuficientes, pode-se aumentar o risco de lesões e insucesso competitivo. Assim, é fundamental um controle preciso das CT, no qual a integração de métodos objetivos e subjetivos tem sido sugerida como importante para o monitoramento dos atletas. Além disso, a avaliação do desempenho é de grande importância para verificação da eficácia do programa de treinamento de ciclistas. Dessa forma, os objetivos do presente estudo foram: (1) verificar a reprodutibilidade da potência média produzida por ciclistas em 4 CRs de 20 min em subida e a reprodutibilidade da estratégia de *pacing* empregada; (2) descrever a relação entre os métodos TSS, Trimp de Edwards e PSE da sessão e avaliar o método TSS frente aos outros dois métodos na quantificação das CT no ciclismo. Para o objetivo 1, a amostra foi composta por 18 ciclistas moderadamente treinados. A potência média não foi diferente ($F = 0,150$; $p = 0,855$; $\eta_p^2 = 0,009$) entre os CRs (287 ± 30 , 287 ± 29 , 286 ± 32 e 286 ± 34 W para os CRs 1, 2, 3, e 4, respectivamente). Foram encontrados alta variabilidade na estratégia de *pacing* no início e final dos CRs (ET = 7,57%, 6,29% e 6,08% para o intervalo 0–2 min; 7,01%, 6,34% e 6,24% para o intervalo 18–20 min, entre os CRs 2–1, 3–2 e 4–3, respectivamente) e efeito principal significativo do tempo ($F = 96,134$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,850$). A comparação aos pares revelou diferenças apenas entre os intervalos 0–2 e 2–4 ($p < 0,001$). A estratégia de *pacing* adotada pelos ciclistas não foi diferente entre CRs ($F = 1,970$; $p = 0,060$; $\eta_p^2 = 0,104$) e grupos de desempenho ($F = 1,052$; $p = 0,399$; $\eta_p^2 = 0,062$), mas diferiu entre percursos ($F = 4,861$; $p = 0,006$; $\eta_p^2 = 0,233$). A potência média durante CR de 20 min em subida é reprodutível e os ciclistas parecem não modificar a estratégia de *pacing* após avaliações consecutivas, o que faz deste protocolo robusto para análise do desempenho em campo. Para o objetivo 2, a amostra foi composta por um atleta amador. Foram considerados 76 dados de treinos em um período de 23 semanas. A média (\pm desvio padrão) dos métodos de quantificação da carga foi $712,5 \pm 438,3$ U.A. para a PSE da sessão, $354,5 \pm 209,6$ U.A. para o Trimp de Edwards e $120,0 \pm 59,7$ U.A. para o TSS. O relacionamento entre TSS e PSE da sessão, TSS e Trimp de Edwards e Trimp de Edwards e PSE da sessão foram todos positivos e muito fortes (r

= 0,83 a 0,90). De acordo com os valores encontrados, o TSS pode ser explicado 81% pela PSE da sessão e 75% pelo Trimp de Edwards; o Trimp de Edwards pode ser explicado 69% pela PSE da sessão. Os diagramas de Bland-Altman apresentaram limites de concordância de 95% de $\pm 53,20\%$ entre TSS e PSE da sessão, $\pm 58,20\%$ entre TSS e Trimp de Edwards e $\pm 69,0\%$ entre Trimp de Edwards e PSE da sessão. Os métodos de CT analisados apresentaram bom relacionamento, porém com tendência de menor concordância entre eles conforme o aumento das cargas. Pode-se concluir que os métodos avaliados apresentaram boa correlação entre si, principalmente entre PSE da sessão e TSS, sugerindo que tal método subjetivo representa uma boa alternativa para inclusão como ferramenta de monitoramento das CTs no ciclismo. Tendo em vista o contexto necessário ao processo de treinamento esportivo, o presente estudo apresenta ferramentas que podem ser utilizadas no cotidiano de ciclistas.

Palavras-chave: cargas de treinamento, ciclismo, desempenho.

ABSTRACT

Cycling is a sport of high psychophysiological demand imposed to athletes, in which the optimal dose-response relationship between the applied training loads and performance is the key to reach positive adaptations to training. On other hand, if training loads are excessive or insufficient, the risk of injury and competition failure might be increased. Thus, it is fundamental to control training loads precisely, in which the integration of objective and subjective methods has been suggested as important to athlete monitoring. Furthermore, the performance assessment is important to evaluate the efficacy of the cyclist's training program. Thus, the aims of the present study were: (1) to examine the mean power output reproducibility of cyclists in four 20-min uphill time trial (TT) and the reproducibility of pacing strategy employed; (2) to describe the relationship between TSS, Edward's Trimp and session-RPE methods and evaluate the TSS in front of the other two methods to quantify the training loads in cycling. For the objective 1, the sample was composed by 18 moderately trained cyclists. The mean power output was not different ($F = 0.150$; $p = 0.855$; $\eta_p^2 = 0.009$) between TTs (287 ± 30 , 287 ± 29 , 286 ± 32 and 286 ± 34 W for TTs 1, 2, 3, and 4, respectively). High variability was shown on pacing strategy at the beginning and end of TTs ($TE = 7.57\%$, 6.29% and 6.08% for the 0–2 min interval; 7.01% , 6.34% and 6.24% for the 18–20 min interval, between TTs 2–1, 3–2 e 4–3, respectively) and a main effect of time ($F = 96.134$; $p < 0.001$; $\eta_p^2 = 0.850$). Pairwise comparison revealed differences in normalized mean power output only between 0–2 and 2–4 min intervals ($p < 0.001$). The pacing strategy adopted by cyclists was not different between TTs ($F = 1.970$; $p = 0.060$; $\eta_p^2 = 0.104$) and performance groups ($F = 1.052$; $p = 0.399$; $\eta_p^2 = 0.062$), but differed between courses ($F = 4.861$; $p = 0.006$; $\eta_p^2 = 0.233$). The mean power output during the 20-min uphill TT is reproducible and cyclists appear to does not modify the pacing strategy following consecutive evaluations, what makes this protocol robust for field-based performance analysis. For the objective 2, the sample was composed by one amateur athlete. Seventy-six training data in a period of 23 weeks were evaluated. The mean (\pm standard deviation) of training load methods was 712.5 ± 438.3 A.U. for the session-RPE, 354.5 ± 20.6 A.U. for the Edward's Trimp and 120.0 ± 59.7 A.U. for the TSS. The relationship between TSS and session-RPE, TSS and Edward's Trimp and Edward's Trimp and session-RPE was positive and very large ($r = 0.83$ to 0.90) for all comparisons. According to the values found, the TSS can be

explained 81% by session-RPE and 75% by Edward's Trimp; the Edward's Trimp can be explained 69% by session-RPE. The Bland-Altman plots presented 95% limits of agreement of $\pm 53.20\%$ between TSS and session-RPE, $\pm 58.20\%$ between TSS and Edward's Trimp and $\pm 69.0\%$ between Edward's Trimp and session-RPE. The training load methods analyzed showed good relationship, however with a tendency of less concordance between them following rises in training load. We can conclude that the evaluated methods showed good relationship, mainly between session-RPE and TSS, suggesting this subjective method as a good tool to be used in cycling training load monitoring. Considering the context of monitoring and evaluating training programs, the current study presented tools that can be used in cyclist's routine.

Keywords: training load, cycling, performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de dados de potência durante treinamento medido com SRM™ (JOBSON et al., 2009).	17
Figura 2. Escala de Borg modificada por FOSTER et al. (2001).	22
Figura 3. Exemplo de quantificação das cargas pelo método PSE da sessão (NAKAMURA et al., 2010).	23
Figura 4. Gráficos de potência de um contrarrelógio plano (a) e um critérium (b) para um mesmo ciclista. Ambos apresentam potência normalizada semelhante (linha contínua) enquanto potência média diferente (linha pontilhada) (JOBSON et al., 2009).	26
Figura 5. Delineamento experimental do estudo.	31
Figura 6. Erro típico (LC90%) da estratégia de <i> pacing </i> entre os CRs 2–1, 3–2 e 4–3 para cada intervalo de 2 min (barras). Erro foi calculado a partir da potência média normalizada (linhas).	35
Figura 7. 76 sessões de treino em valores absolutos (acima) e normalizados (abaixo).	42
Figura 8. Diagramas de Bland-Altman entre os métodos TSS, PSE da sessão e Trimp de Edwards.	44
Figura 9. Regressões lineares entre os métodos de quantificação das cargas de treinamento TSS, PSE da sessão e Trimp de Edwards.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Métodos de TRIMP da frequência cardíaca	20
Tabela 2. Coeficiente de correlação intraclasse, erro típico absoluto e erros típicos como coeficiente de variação entre os testes. Dados apresentados como média [LC90%].....	36
Tabela 3. Correlação de Pearson entre TSS, PSE da sessão e Trimp de Edwards .	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCI	Coeficiente de correlação intraclasse
CET	Carga externa de treinamento
CIT	Carga interna de treinamento
CR	Contrarrelógio
CRs	Contrarrelógios
CT	Carga de treinamento
CTs	Cargas de treinamento
CV	Coeficiente de variação
ET	Erro típico
FTP	Limiar funcional da potência
FC	Frequência cardíaca
ICA	<i>International Cyclist Association</i>
IF	<i>Intensity factor</i>
LC90%	Limites de confiança de 90%
LV	Limiar ventilatório
PCR	Ponto de compensação respiratória
P _{máx}	Potência máxima
P _{méd}	Potência média
PSE	Percepção subjetiva do esforço
s	Duração em segundos
SRM™	Schoberer Rad Messtechnik
TEI	Teste de esforço incremental
TRIMP	Impulso de treinamento
TSS	<i>Training Stress Score</i>
U.A.	Unidades arbitrárias
UCI	União Ciclística Internacional
VO _{2máx}	Consumo máximo de oxigênio
W	Watts

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	16
2.	Objetivos.....	18
3.	Referencial teórico.....	18
3.1	Métodos para controle das cargas de treinamento.....	18
3.1.1	Zonas de intensidade	19
3.1.2	Percepção Subjetiva do Esforço da Sessão.....	21
3.2	Métodos de controle das cargas de treinamento no ciclismo	23
3.3	Métodos de avaliação do desempenho no ciclismo.....	28
4.	Reprodutibilidade do teste contrarrelógio de 20 minutos em subida	30
4.1	Objetivos.....	30
4.2	Métodos.....	30
4.2.1	Participantes.....	30
4.2.2	Delineamento experimental do estudo	30
4.2.3	Medidas antropométricas	31
4.2.4	Teste de esforço incremental	31
4.2.5	Testes contrarrelógio.....	32
4.2.6	Análise estatística	33
4.3	Resultados.....	34
4.4	Discussão	36
4.5	Conclusão.....	38
5.	Monitoramento das cargas de treinamento no ciclismo: um estudo de caso	39
5.1	Objetivos.....	39
5.2	Métodos.....	39
5.2.3	Cálculo das cargas de treinamento	40
5.2.4	Análise estatística	40
5.3	Resultados.....	41

5.4	Discussão	47
5.5	Conclusão.....	49
6.	Considerações finais	49

1. Introdução

Historicamente (HERLIHY, 2004), a bicicleta foi desenvolvida e é utilizada como meio de locomoção desde o século XIX, com as primeiras competições datando dessa mesma época. Com a criação da *International Cyclist Association* (ICA) ainda no final do século XIX, o ciclismo começou a ganhar maior notoriedade no cenário esportivo europeu e foi inserido nos Jogos Olímpicos da era moderna que ocorreram em Atenas, em 1896. A difusão mundial do esporte começou a ocorrer após a criação da União Ciclística Internacional (UCI) em Paris, em 1900. Desde então, com a evolução tecnológica, atletas e equipes dispõem cada vez mais de melhores recursos tanto nas bicicletas quanto em equipamentos que visam acompanhar todo processo de treinamento dos atletas. Com isso, a ciência tem sido cada vez mais empregada a fim de otimizar o rendimento esportivo, seja no desenvolvimento de treinamentos, métodos de avaliação e controle ou prevenção de lesões.

O ciclismo pode ser definido como um esporte de natureza estocástica, no qual a intensidade varia constantemente em resposta a variações de gradiente, cadência, trocas de marcha, vácuo, condições ambientais, tática empregada e diferentes tipos de provas (PASSFIELD et al., 2017). O advento dos medidores de potência possibilitou analisar de forma detalhada o treinamento e competições nas diversas modalidades do ciclismo, independente do ambiente ou do terreno (Figura 1) (JOBSON et al., 2009). O primeiro equipamento comercialmente disponível, chamado SRM™ (Schoberer Rad Messtechnik, Jülich, Welldorf, Germany), data dos anos 1980. O SRM™ é tido como um dos equipamentos mais precisos e vem sendo utilizado como padrão para comparação a outros equipamentos produzidos recentemente (ex.: Cycleops PowerTap, Garmin Vector, Stages Cycling Powermeter). Apesar da possibilidade de monitoramento direto do esforço empregado, existe certa dificuldade em definir claramente a demanda metabólica de provas e treinamentos a partir de dados de potência (JOBSON et al., 2009; SANDERS; ABT; et al., 2017).

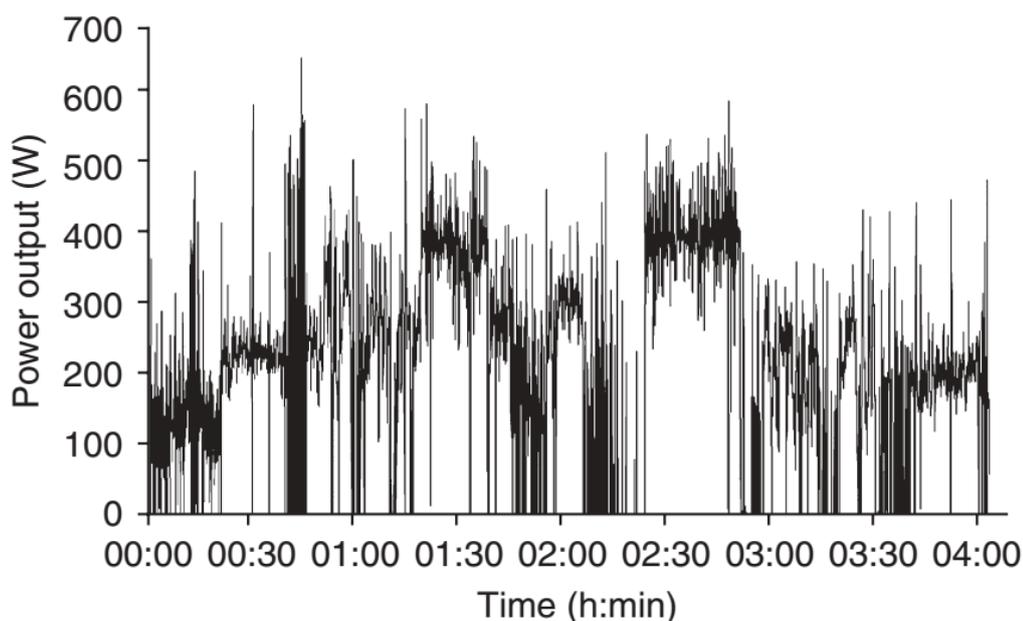


Figura 1. Exemplo de dados de potência durante treinamento medido com SRM™ (JOBSON et al., 2009).

A sistematização do treinamento esportivo é importante para que ocorram alterações morfológicas, metabólicas e funcionais desejadas a fim de se obter um rendimento esportivo ótimo (HORTA et al., 2017; NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010; SEILER, 2010). Para isso, é necessário coerência entre as cargas de treinamento (CT) aplicadas e a recuperação dada aos atletas (FREITAS et al., 2015; GABBETT et al., 2016; HALSON, 2014; TEN HAAF et al., 2017). Nesse contexto, existem dois parâmetros que interagem diretamente e devem ser devidamente organizados: carga externa (CET) e carga interna (CIT) de treinamento. A CIT pode ser entendida como a resposta do organismo ao estresse psicofisiológico imposto, representada, por exemplo, pela frequência cardíaca (FC), lactato e percepção subjetiva do esforço (PSE) (NAKAMURA et al., 2010). Tal resposta é dependente, também, das características individuais, como nível de treinamento e genética (BORRESEN; LAMBERT, 2009). A CET pode ser entendida como o trabalho prescrito para cada sessão de treino, em relação à qualidade, quantidade e periodização do treinamento programados (NAKAMURA et al., 2010).

Além do controle das cargas, também é necessário que avaliações periódicas do desempenho sejam realizadas para acompanhar o desenvolvimento da condição física do atleta. A especificidade de cada modalidade é fator relevante a ser considerado na escolha do teste e sabe-se que o ambiente laboratorial pode não

fornecer resultados transferíveis à realidade esportiva (FOSTER; RODRIGUEZ-MARROYO; DE KONING, 2017). Além disso, a dificuldade de acesso de treinadores e atletas ao ambiente laboratorial, somado à complexidade logística, intelectual e alta demanda financeira na avaliação de um grande número de atletas, torna esta prática inviável para a maioria. Assim, escolher um teste que seja válido, confiável, reprodutível e se assemelhe à realidade prática do esporte são fatores imprescindíveis (HOPKINS, W. G.; SCHABORT; HAWLEY, 2001; STEVENS; DASCOMBE, 2015).

2. Objetivos

Os objetivos do presente estudo foram divididos em duas partes, sendo: 1) verificar a reprodutibilidade da potência média produzida por ciclistas em contrarrelógio de 20 min em subida e a reprodutibilidade da estratégia de *pacing* empregada e 2) descrever a relação entre os métodos TSS, Trimp de Edwards e PSE da sessão e avaliar o método TSS frente aos outros dois na quantificação das cargas de treinamento no ciclismo em um atleta amador.

3. Referencial teórico

3.1 Métodos para controle das cargas de treinamento

A relação dose-resposta ótima entre as CT aplicadas e o desempenho é a chave para obtenção de adaptações positivas ao treinamento (FOSTER et al., 2017; SEILER, 2010). Por outro lado, se as CT forem excessivas ou insuficientes, pode-se aumentar o risco de lesões e insucesso competitivo (GABBETT et al., 2016; KELLMANN, 2010; TAYLOR et al., 2012). Assim, faz-se necessário o uso de ferramentas que auxiliem no controle do treinamento à curto, médio e longo prazo, isto é, da periodização. Devido à essa relação, mas à ausência de um marcador único e definitivo, a integração de métodos de controle das CT externas e internas é importante, na qual ferramentas como tempo, distância, velocidade e potência (CET) e PSE da sessão, FC e lactato (CIT) são utilizadas de forma conjunta (BOURDON et al., 2017; FOSTER et al., 2017; SANDERS; MYERS; AKUBAT, 2017).

FOSTER et al. (2017) elegantemente apresentaram um estudo sobre o passado, o presente e o futuro do monitoramento das CT. O interessante caso de Milo de Crotona, um garoto italiano fazendeiro que carregou diariamente um bezerro em crescimento, revela que desde os tempos a.C. há relatos de treinamentos com utilização do princípio básico do treinamento contemporâneo, o princípio da sobrecarga. Ainda que não fosse utilizado de forma completamente consciente e programada, conforme o bezerro crescia, maior era a sobrecarga e mais forte Milo se tornava. Dessa forma, Milo virou um ícone dos jogos antigos (olímpicos e píticos), vencendo em diversas modalidades. Já no século passado, há registros na Escandinávia do início do emprego de cronômetro e exercícios padronizados a fim de se quantificar o treinamento, porém dificuldades ambientais – como neve, frio intenso e superfícies irregulares – tornavam essa tarefa mais conceitual do que prática, com decisões tendo de ser tomadas pelos próprios praticantes baseados em sua percepção sobre o treinamento. A partir dos anos 1930, na Alemanha e Áustria surgiram conceitos mais robustos de treinamento com uso da FC, treinos intervalados, alternância de intensidades (periodização) e surgimento do conceito de “*stale*” (correspondendo ao hoje conhecido *overreaching*). Esta época perpetuou-se como o auge das CET. Mais recentemente, com o advento da tecnologia, diversos métodos objetivando o controle das CIT foram criados.

3.1.1 Zonas de intensidade

Com o surgimento de monitores de FC, analisadores de gases e lactato no início dos anos 1980, esses métodos passaram a ser utilizados e com eles o desenvolvimento de zonas de intensidade baseadas nos limiares metabólicos ocorre em seguida, aumentando a individualização do treinamento (FOSTER et al., 2017). BANISTER (1991) criou o conceito de impulso de treinamento (TRIMP), o produto entre FC, duração do treino e um fator baseado no perfil de lactato. Assim, seria obtido um valor referente a cada sessão realizada que permitiria melhor controle do treinamento, associando volume e intensidade em um escore único. Além disso, os conceitos de fitness e fadiga foram juntamente criados e permitiriam relacionar o status de treinamento momentâneo ao desempenho (BORRESEN; LAMBERT, 2009). Porém, um problema impossibilitava a extrapolação desse método para qualquer esporte: o cálculo considerava a FC em *steady-state*, ou seja, modalidades esportivas

caracterizadas por esforços curtos e intensos não seriam representadas de forma fiel. Assim, diversos outros autores buscaram sanar essa limitação. EDWARDS (1994) criou um método de soma das zonas de FC, no qual a duração do treino em cada zona era multiplicada por um fator (Tabela 1) e depois somado, com a justificativa de contabilizar também treinos intervalados. Por sua vez, LUCIA, ALEJANDRO et al. (2003), baseado no método criado por Edwards, criaram uma versão modificada, o Lucia's TRIMP. Esse método utilizava 3 zonas da FC (zona 1: abaixo do limiar ventilatório; zona 2: entre o limiar ventilatório e o ponto de compensação respiratória; zona 3: acima do ponto de compensação respiratória) e realizava a mesma lógica de cálculo do tempo gasto em cada zona, multiplicando por fatores correspondentes (Tabela 1) e somando os valores. STAGNO; THATCHER; VAN SOMEREN (2007), criaram outra variação do modelo criado por Banister, o Stagno's TRIMP. Seguindo a mesma ideia, 5 zonas eram definidas com a FC referente a dois pontos de quebra na curva de resposta do lactato sanguíneo – zona 2, correspondente a $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ e zona 4, $2,0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ – e as zonas 1, 3 e 5 ajustadas a partir das zonas 2 e 4 em uma margem de 7% (Tabela 1). Os valores de impulso de treinamento eram, então, obtidos a partir da multiplicação do tempo gasto em cada zona pelo fator correspondente, com posterior soma dos valores. O objetivo do método era criar zonas que representassem melhor a resposta fisiológica não linear principalmente em intensidades mais elevadas no exercício.

Tabela 1. Métodos de TRIMP da frequência cardíaca

Método	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Edwards	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Fatores	1	2	3	4	5
Lucia	<LV	LV-PCR	>PCR	-	-
Fatores	1	2	3	-	-
Stagno	65-71	72-78	79-85	86-92	93-100
Fatores	1,25	1,71	2,54	3,61	5,15

LV: limiar ventilatório; PCR: ponto de compensação respiratória.

Embora a FC tenha sido demonstrada como de fácil monitoramento e custo razoável, alguns cuidados devem ser tomados devido à variação diária em resposta

ao ambiente, clima e fatores estressores ao organismo, somado à imprecisão em intensidades altas e variáveis. Assim, o uso na prática esportiva diária em modalidades nas quais são empregados esses tipos de esforço deve ser avaliado (BORRESEN; LAMBERT, 2009; LAMBERTS; LAMBERT, 2009). O monitoramento completo das CIT exige o uso de vários dispositivos para acompanhamento das variáveis, o que fatalmente irá interferir negativamente no treinamento e na complexidade de avaliação dos dados (CARDINALE; VARLEY, 2017). Portanto, métodos de fácil aferição e interpretação são fundamentais, como o proposto por EDWARDS (1994), uma vez que necessita apenas da FC.

3.1.2 Percepção Subjetiva do Esforço da Sessão

A fim de criar um método simples, independente de variações de intensidade e do uso da FC, FOSTER et al. (1996) e FOSTER et al. (2001) criaram a percepção subjetiva do esforço da sessão (PSE da sessão). Tal método representa a classificação da demanda global do exercício a partir de uma escala de 10 pontos, modificada de BORG (1982) (Figura 2). Trinta minutos após o término de cada sessão de treinamento, os atletas devem responder à pergunta: “Como foi sua sessão de treino?”, selecionando um descritor e um valor numérico correspondente (intensidade). Tal valor é, então, multiplicado pela duração da sessão de treino em minutos (volume). O resultado representa a CT em unidades arbitrárias (U.A.). A recomendação da classificação ser feita após 30 minutos do término dos treinos foi recentemente questionada, uma vez que não foi encontrado efeito significativo do tempo pós exercício na classificação, seja logo após o término (CHRISTEN et al., 2016; FANCHINI et al., 2015) ou até 24h depois (CHRISTEN et al., 2016). Além disso, a complexidade logística e financeira de se acompanhar vários atletas com cardio frequencímetros já era preocupação na época (FOSTER et al., 1996) e ainda representa dificuldades nos dias atuais, fazendo com que métodos subjetivos ganhem cada vez mais importância.

Classificação	Descritor
0	Repouso
1	Muito, Muito Leve
2	Leve
3	Moderado
4	Um Pouco Pesado
5	Pesado
6	-
7	Muito pesado
8	-
9	-
10	Máximo

Figura 2. Escala de Borg modificada por FOSTER et al. (2001).

Além do valor absoluto, algumas derivações podem ser feitas a partir das CT obtidas pela PSE da sessão. A monotonia das cargas refere-se à variação das cargas em dias consecutivos, sendo calculada pela média das cargas em determinado período dividida pelo seu desvio padrão (FOSTER, 1998). Além deste, o cálculo do *training strain* também pode ser feito, onde multiplica-se o valor da monotonia pelo somatório de cargas do período (FOSTER, 1998). Ambos métodos podem corroborar na identificação de períodos de intensificação de cargas onde maiores tempos de recuperação devem ser empregados. No exemplo dado por NAKAMURA et al. (2010) (Figura 3), a média semanal das cargas ($2490 \text{ U.A.} \div 7 \text{ dias} = 356 \text{ U.A.}$) dividida pelo seu desvio padrão (225) resulta na monotonia (1,58) e tal valor pode ser também multiplicado pela média semanal das cargas para se obter o *training strain* ($2490 \text{ U.A.} \times 1,58 = 3934 \text{ U.A.}$).

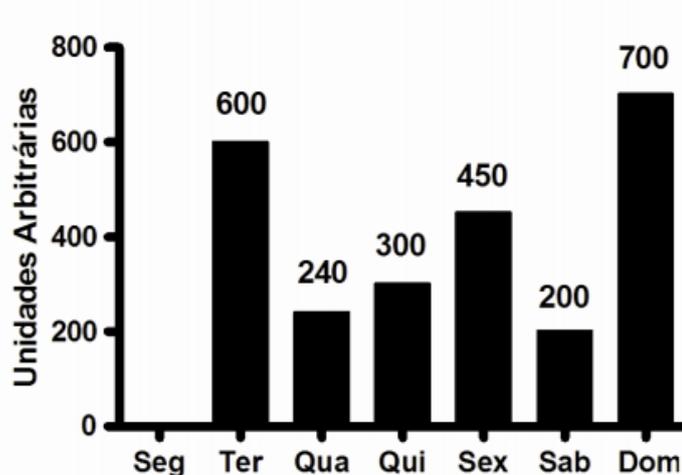


Figura 3. Exemplo de quantificação das cargas pelo método PSE da sessão (NAKAMURA et al., 2010).

A base teórica do processo pelo qual a PSE é interpretada pelo organismo advém do fato de que os músculos e articulações exercitados, as funções cardiovasculares e respiratórias e o sistema nervoso central geram uma percepção geral do esforço no córtex sensorial (processo de retroalimentação – feedback) a partir desses sistemas envolvidos no exercício (BORG, 1982). Mais recentemente, porém, essa teoria foi questionada (MARCORA; BOSIO; DE MORREE, 2008). Em suma, foi sugerido que a percepção seria simultânea ao processamento de impulsos nervosos eferentes (feedforward) ao invés de aferentes (feedback), isto é, juntamente aos impulsos eferentes do córtex motor para os sistemas citados anteriormente ocorreria o processamento da percepção geral do esforço. Esse debate foge ao escopo do presente trabalho, sendo considerados achados práticos de que a PSE da sessão foi validada em diversos esportes como voleibol (BARA FILHO et al., 2013), basquetebol de cadeira de rodas (ITURRICASTILLO et al., 2016), karatê (TABBEN et al., 2015), corrida (MANZI et al., 2015), entre outros. Além disso, para atingir um desempenho ótimo é importante que ocorra equilíbrio entre estímulo e recuperação e a PSE da sessão permite quantificar a magnitude de resposta da CIT em resposta às CET empregadas.

3.2 Métodos de controle das cargas de treinamento no ciclismo

O ciclismo é um esporte de alta demanda psicofisiológica imposta aos atletas, podendo atingir volumes de 26.000km percorridos em um ano (METCALFE et al.,

2017). Assim, é fundamental um controle preciso das CT, no qual a integração de métodos objetivos e subjetivos tem sido sugerida como importante para o monitoramento dos atletas (BOURDON et al., 2017; FOSTER et al., 2017; SANDERS; MYERS; et al., 2017), uma vez que o que irá determinar a adaptação do organismo em resposta à CET empregada será a CIT (IMPELLIZZERI et al., 2004).

Métodos que utilizam a FC tem sido amplamente empregados para determinar a intensidade e as CT devido à facilidade de uso, registro e transformação dos dados em valores de CT (RODRÍGUEZ-MARROYO et al., 2012; SANDERS; MYERS; et al., 2017). Além da FC, com a evolução tecnológica de medidores de potência e seu crescente uso (JOBSON et al., 2009; MUJIKÁ, 2017; PASSFIELD et al., 2017), diversos estudos foram capazes de descrever as características da intensidade empregada no ciclismo (METCALFE et al., 2017; NIMMERICHTER, ALFRED et al., 2011; PINOT; GRAPPE, 2015; SANDERS; HEIJBOER; et al., 2017). A possibilidade de monitorar direta e precisamente a potência produzida pelos ciclistas torna esse esporte único por viabilizar dados detalhados sobre a demanda fisiológica da modalidade (JOBSON et al., 2009).

Com a difusão dos medidores de potência, a análise de treinamentos e competições se deu de forma mais precisa e direta. Derivações a partir dos dados de potência tem sido feitas a fim de definir zonas de treinamento e quantificar as CT. O limiar funcional da potência (FTP, do inglês *Functional Threshold Power*) é amplamente utilizado no ciclismo como parâmetro de determinação das zonas de treinamento, uma vez que representa a maior potência que pode ser mantida em *steady-state*, ou muito próximo dele, por aproximadamente 1 h (ALLEN; COGGAN, 2012). Assim, potências acima ou abaixo do FTP irão adiantar ou prorrogar o surgimento de fadiga, respectivamente, o que possibilita ao treinador planejar o treinamento e as adaptações desejadas baseado nessa premissa. Isso ocorre devido à sugestão de que existe relação entre a potência encontrada em testes de FTP e a potência no limiar de lactato (ALLEN; COGGAN, 2012; GAVIN et al., 2012), uma vez que esse limiar representa o ponto no exercício progressivo no qual ocorre um desequilíbrio entre produção e remoção do lactato pelos sistemas de tamponamento (KARLSSON; JACOBS, 1982), determinando a fração do consumo máximo de oxigênio que pode ser utilizado durante determinado período. A partir dessa relação, tem-se uma valiosa ferramenta de avaliação e controle do treinamento no ciclismo.

Sabe-se que tal relacionamento entre FTP e limiar de lactato é dependente do tipo de teste utilizado para determinação de ambos (GAVIN et al., 2012). Porém, NIMMERICHTER, A et al. (2010) demonstraram alta correlação entre um teste comumente utilizado para avaliação do desempenho – o contrarrelógio (CR) de 20 minutos – e duas medidas de limiar anaeróbio (ponto de compensação respiratória e segundo limiar de lactato). Este teste tem sido recomendado para estimar o FTP pela maior facilidade em administrar o esforço máximo durante 20 minutos em comparação a uma hora e, conseqüentemente, obtendo-se resultados de melhor qualidade e praticidade de inserção na rotina de treinamento de um atleta. Visto que o teste padrão para determinação do FTP é de uma hora, deve-se diminuir 5% do valor da potência média ($P_{méd}$) obtida durante os 20 minutos, tendo, assim, uma boa estimativa do FTP (ALLEN; COGGAN, 2012).

O *Training Stress Score* (TSS) foi desenvolvido para quantificar as CT a fim de se evitar os efeitos negativos de sua aplicação (ALLEN; COGGAN, 2012). É um modelo baseado no TRIMP da FC que considera a intensidade baseada na potência e a duração dos treinos. Como exemplo, um treino com duração de 1 h contabilizaria um TSS de 100 pontos e um fator de intensidade de 1,0. A fórmula do TSS é

$$TSS = [(s \times W \times IF) \div (FTP \times 3,600)] \times 100$$

na qual s é a duração em segundos, W é a potência normalizada em Watts, IF é o fator de intensidade (*intensity factor*), FTP é o limiar funcional da potência e 3600 é o número de segundos em uma hora. A potência normalizada representa a variabilidade da potência durante um treino. De maneira geral, é calculado um valor estimado de potência como se o exercício tivesse sido realizado em intensidade constante, fazendo com que a demanda metabólica da variação da intensidade ao longo do treino seja considerada, diferentemente da $P_{méd}$ isolada. Por exemplo, diferentes esforços realizados em diferentes percursos podem resultar em um mesmo valor de potência normalizada, indicando estresse metabólico semelhante (Figura 4). IF é a potência normalizada expressa em fração do FTP, onde o valor 1,0 refere-se ao valor de $P_{méd}$ normalizada idêntico ao FTP.

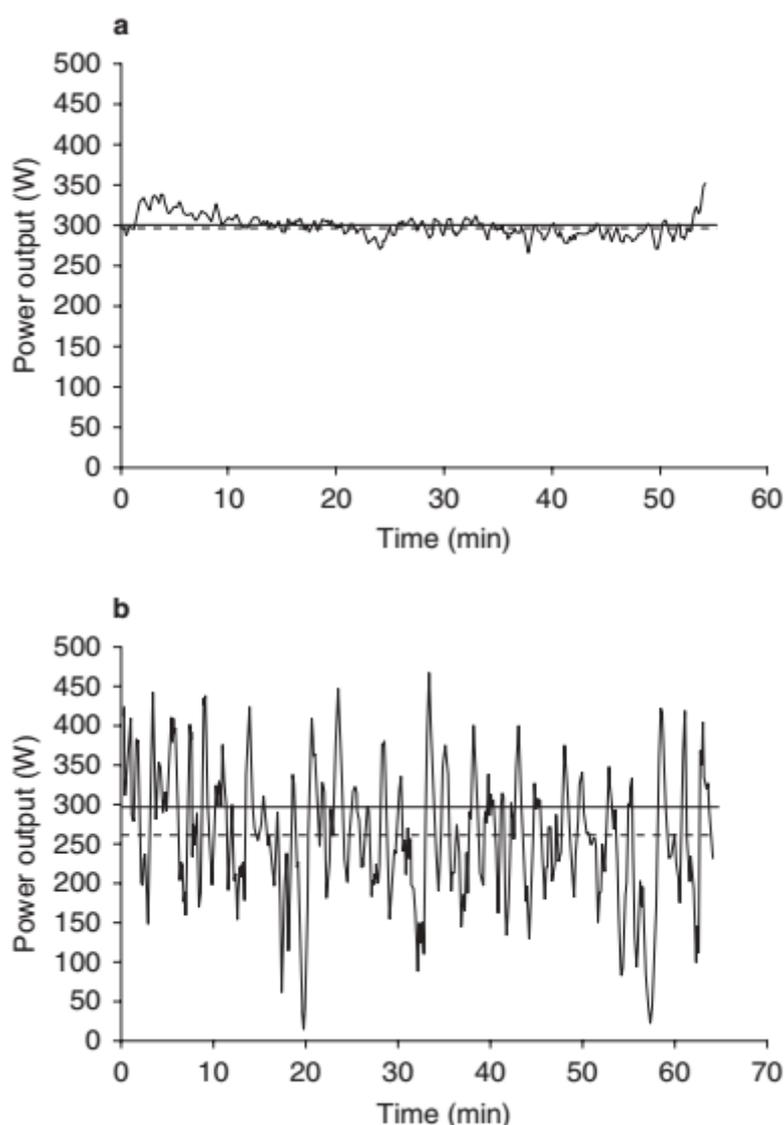


Figura 4. Gráficos de potência de um contrarrelógio plano (a) e um critérium (b) para um mesmo ciclista. Ambos apresentam potência normalizada semelhante (linha contínua) enquanto potência média diferente (linha pontilhada) (JOBSON et al., 2009).

O monitoramento diário é fator determinante no planejamento e tomada de decisões sobre a manipulação das variáveis do treinamento (FOSTER et al., 2017). Poucos estudos avaliaram longitudinalmente a distribuição da intensidade no ciclismo comparando dados de potência, FC e PSE (NIMMERICHTER, ALFRED et al., 2011; PINOT; GRAPPE, 2015). Assim, a relação entre métodos objetivos e subjetivos de quantificação das cargas de treinamento, como TSS, Trimps de FC e PSE da sessão, ainda é conflitante e escassa na literatura. Analisando diferentes competições, RODRÍGUEZ-MARROYO et al. (2012) compararam a carga fisiológica imposta à ciclistas profissionais utilizando Lucia's Trimp e PSE da sessão como métodos de

quantificação das CT. Os resultados demonstraram diferenças nos valores de cargas encontrados, nos quais os autores sugerem vantagem do método da PSE da sessão devido à FC ser influenciada pelo acúmulo de fadiga, especialmente em corridas longas (5 a 21 dias). Apesar destas diferenças, foi encontrada relação significativa entre as duas variáveis ($r = 0,75$; $p < 0,001$), o que suporta o uso da PSE da sessão para quantificação das CT em competições no ciclismo e sugere que para a rotina diária de treinamento esse método também seja eficaz devido a sensibilidade a períodos de intensificação de cargas (RODRÍGUEZ-MARROYO et al., 2012). SANDERS; HEIJBOER; et al. (2017) analisaram e compararam medidas de intensidade e carga, baseadas em PSE, FC e potência, durante duas das principais competições do ciclismo (Volta da Espanha e Giro d'Itália). As semanas 1, 2 e 3 foram comparadas e foram encontrados aumentos na PSE e $P_{\text{méd}}$ semana a semana, porém diminuição na FC média e máxima. Tal comportamento da FC pode alterar os resultados do cálculo das cargas de treinamento, como também relatado anteriormente por RODRÍGUEZ-MARROYO et al. (2012). Já em análises de treinamentos, SANDERS; ABT; et al. (2017) avaliaram, durante 10 semanas, a relação dose-resposta entre diferentes métodos – objetivos baseados na FC (TRIMPs de Bannister, Edwards, Individualized e Lucia's) e potência (TSS) e subjetivo (PSE da sessão) – e o fitness aeróbio e desempenho. Os resultados indicaram que os métodos de quantificação de cargas que consideram características fisiológicas individuais (relação FC/lactato e FTP) tem a melhor relação dose-resposta com melhoras do fitness aeróbio e desempenho. Outro estudo recente (SANDERS; MYERS; et al., 2017) avaliou a distribuição da intensidade, também durante 10 semanas, pelo tempo gasto em 3 zonas definidas pelos limiares de lactato para FC e potência e por escores (1-4, 5-6 e 7-10) para PSE da sessão em 15 ciclistas bem treinados. Foram encontradas diferenças moderadas a muito grandes entre a distribuição de intensidades quantificadas pela PSE da sessão quando comparada a FC e potência, especialmente na zona de maior intensidade. Em relação à FC, o resultado foi atribuído ao componente lento fisiológico quando comparado à potência. Em resumo, sabe-se que o monitoramento da FC é importante para a quantificação das cargas de treinamento em esportes de endurance, porém não há consenso sobre a validade deste método. A alta variabilidade diária e a influência de fatores externos como temperatura, hidratação e medicação alteram a resposta fisiológica desta variável. Porém, a integração com outros métodos como PSE, lactato sanguíneo e potência

parece ser a chave para aumentar sua validade (BORRESEN; LAMBERT, 2009; ROOS et al., 2013; SANDERS; MYERS; et al., 2017).

De acordo com os achados, diferentes resultados foram encontrados na quantificação das CT entre métodos baseados em potência, FC e PSE da sessão, sendo que poucos estudos analisaram longitudinalmente o treinamento. Portanto, mais estudos são necessários para compreensão do relacionamento entre esses métodos de quantificação das CT. Apesar de ainda não haver evidências sobre um método definitivo e confiável para quantificar precisamente as CT, recentemente foi apontada vantagem para o método de PSE da sessão, pois apresenta-se sensível ao acúmulo de fadiga em dias consecutivos (RODRÍGUEZ-MARROYO et al., 2012; SANDERS; HEIJBOER; et al., 2017). Por ser um método simples e barato, é de grande importância prática encontrar boa relação com outras variáveis objetivas, como TSS e FC, a fim de tornar o acompanhamento das cargas mais acessível a todos com ferramentas eficazes e de baixo custo. Porém, deve-se ter cautela na comparação entre os métodos por não haver uma variável critério ou padrão ouro para monitoramento das CT no ciclismo.

3.3 Métodos de avaliação do desempenho no ciclismo

A avaliação do desempenho é de grande importância para verificação da eficácia do programa de treinamento de ciclistas. Para tal, muitos estudos utilizaram protocolos de avaliação laboratorial em que uma carga constante é aplicada e os ciclistas são motivados a permanecer o maior tempo possível em exercício até que atinjam exaustão voluntária (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; HOPKINS, W. G. et al., 2001; JEUKENDRUP et al., 1996; LAURSEN; SHING; JENKINS, 2003; MCLELLAN; CHEUNG; JACOBS, 1995). Entretanto, dada a influência de fatores como motivação, monotonia e tédio no resultado destes testes (JEUKENDRUP et al., 1996), diversos estudos atestaram a baixa reprodutibilidade deste modelo de avaliação (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; JEUKENDRUP et al., 1996; MCLELLAN et al., 1995).

Ao contrário, testes em que são realizadas quantidades pré-definidas de trabalho, distância ou tempo (i.e. contrarrelógio [CR]) representam uma alternativa válida e reprodutível para avaliação do desempenho em laboratório (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; HOPKINS, W. G. et al., 2001; JEUKENDRUP et al., 1996;

PATON; HOPKINS, 2001), além de possuírem alta correlação com variáveis obtidas a partir de testes incrementais (AMANN; SUBUDHI; FOSTER, 2006; BENTLEY; MCNAUGHTON, 2003; BENTLEY et al., 2001; PATON; HOPKINS, 2001). No entanto, CRs realizados em laboratório podem não ser facilmente incluídos na rotina de treinamento de atletas (FOSTER et al., 2017).

Além disso, o maior custo metabólico (BERTUCCI, W. M. et al., 2012) e percepção do esforço (BERTUCCI, W.; GRAPPE; GROSLAMBERT, 2007), associados ao exercício em ambiente laboratorial, sugerem a existência de algumas limitações quando o desempenho é avaliado a partir da $P_{\text{méd}}$. Assim, estudos que analisem a reprodutibilidade da $P_{\text{méd}}$ são de grande relevância por fornecerem informações sobre a habilidade dos testes em detectar pequenas variações no desempenho (NIMMERICHTER, A. et al., 2010; SMITH et al., 2001; TAN; AZIZ, 2005).

De fato, SMITH et al. (2001) reportaram boa reprodutibilidade da $P_{\text{méd}}$ produzida por ciclistas treinados em CR plano de 40 km. Além disso, TAN; AZIZ (2005) confirmaram estes achados em percurso plano de 36 km e em subida de 1,4 km, apesar dos testes em subida terem sido realizados em um único dia. Finalmente, NIMMERICHTER, A. et al. (2010) demonstraram ser altamente reprodutível a $P_{\text{méd}}$ produzida por ciclistas de elite em CR plano tanto de 4, quanto de 20 min. Entretanto, não se conhece, até o momento, nenhum estudo que verificou a reprodutibilidade do desempenho em CRs de campo em subidas de maiores distâncias (i.e. >1,4 km), apesar de serem utilizados para monitoramento do desempenho em intervenções experimentais agudas (NIMMERICHTER, A. et al., 2012) e o fato de que em algumas competições os ciclistas podem ter de percorrer subidas de até 60 min (LUCIA, A.; HOYOS; CHICHARRO, 2001).

Um fator que tem demonstrado influenciar o desempenho no ciclismo e, portanto, a reprodutibilidade, é a estratégia de *pacing* (HAM; KNEZ, 2009; THOMAS et al., 2013). Até o momento, o único estudo que investigou sistematicamente variações na distribuição da potência em repetidos CRs foi conduzido em laboratório (THOMAS et al., 2012). Uma vez que a distribuição da potência em testes realizados em campo é afetada por variações no relevo e no vento, conseqüentemente resultando em uma estratégia de *pacing* mais variada (ATKINSON; BRUNSKILL, 2000; CANGLEY et al., 2011), é importante considerar também este fator na investigação da reprodutibilidade da $P_{\text{méd}}$ produzida em CRs de campo. Além disso,

considerando que ciclistas são capazes de produzir $P_{méd}$ superior em CRs de subida, em comparação aos de percurso plano (NIMMERICHTER, A. et al., 2012), é de se supor que a reprodutibilidade entre medidas reportadas pelos estudos prévios (NIMMERICHTER, A. et al., 2010; SMITH et al., 2001; TAN; AZIZ, 2005) não seja aplicável aos testes de desempenho realizados em todo tipo de percurso.

4. Reprodutibilidade do teste contrarrelógio de 20 minutos em subida

4.1 Objetivos

Os objetivos do presente estudo foram verificar a reprodutibilidade da potência média produzida por ciclistas em contrarrelógio de 20 min em subida e a reprodutibilidade da estratégia de *pacing* empregada.

4.2 Métodos

4.2.1 Participantes

Dezoito ciclistas moderadamente treinados foram selecionados para participação neste estudo. Os critérios de inclusão foram: idade mínima de 18 anos, histórico de treinamento consistente de pelo menos 2 anos, frequência mínima de 4 sessões e volume mínimo de 8 horas semanais, além de ausência de lesões osteomioarticulares. Ciclistas especialistas em CR não foram selecionados para evitar algum viés na análise da reprodutibilidade do desempenho. Os participantes foram informados do delineamento experimental do estudo, manifestando concordância de participação através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), sob parecer de número 1.345.759 do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

4.2.2 Delineamento experimental do estudo

Foram realizadas 5 sessões de testes durante o estudo. Na primeira, medidas antropométricas, anamnese, apresentação do TCLE e um teste de esforço

incremental (TEI) foram feitos em laboratório com objetivos descritivos. Nas 4 visitas subsequentes, com intervalo de aproximadamente 7 dias entre elas, foram aplicados testes CR em campo para verificação da reprodutibilidade do desempenho e da estratégia de *pacing* (Figura 5). Os ciclistas foram instruídos a tratar cada sessão de teste como uma competição, devendo evitar exercícios extenuantes nas 48 h anteriores e seguir suas dietas e consumo de fluidos normais. Duas horas antes dos CRs, os participantes não deveriam comer ou beber nada exceto água (6 ml.kg^{-1}) a fim de garantir adequada hidratação. Durante os CRs, o consumo de água foi permitido ad libitum. Orientou-se evitar o consumo de cafeína e álcool nas 24 h anteriores aos testes.

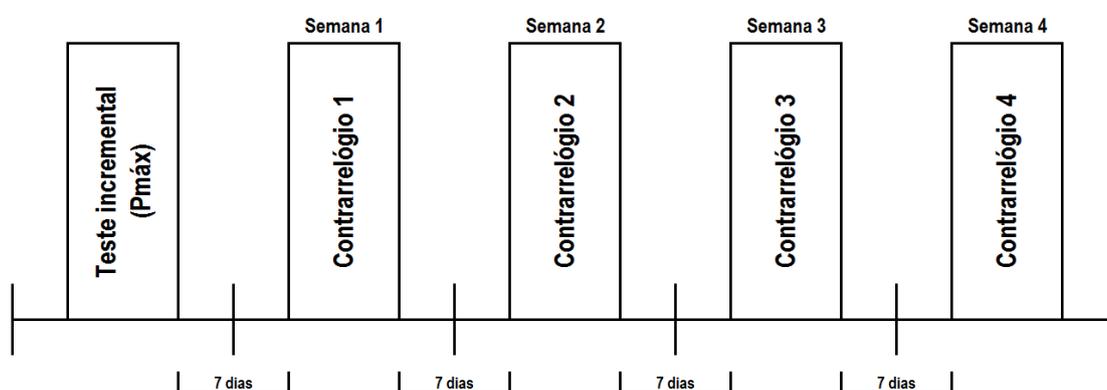


Figura 5. Delineamento experimental do estudo.

4.2.3 Medidas antropométricas

Para determinação do peso corporal, foi utilizada uma balança eletrônica (ID1500, Filizola, São Paulo, Brasil), com precisão de até 100g. Os indivíduos foram pesados descalços e usando apenas bermuda de ciclismo. A estatura foi medida por meio de um estadiômetro (W200/5, Welmy, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil) com precisão de até 0,1 cm. Para medição da gordura corporal, foi utilizado o protocolo de JACKSON; POLLOCK (1978) de 7 dobras cutâneas.

4.2.4 Teste de esforço incremental

O TEI foi realizado na bicicleta de cada ciclista acoplada a um ciclo-simulador (Computrainer ProLab, RacerMate, Seattle, EUA). Antes dos testes, o pneu traseiro (inflado em 100 psi) e a superfície de contato foram limpos com álcool. A pressão de contato do gerador da carga de trabalho foi calibrada entre 0,88 e 0,93 kg antes e depois de 10 min de pedalada a 150 W realizada por um dos pesquisadores. A potência produzida e a cadência foram monitoradas continuamente por um medidor de potência calibrado previamente a cada teste quanto ao zero offset, de acordo com as recomendações do fabricante (PowerTap, Saris, Madison, EUA). Os dados foram registrados em taxa de 1 Hz por um ciclocomputador (Edge 510, Garmin, Olathe, EUA) e posteriormente acessados por meio de software especializado (WKO+ 3.0, Peaksware, Boulder, EUA).

O protocolo de avaliação consistiu de carga inicial de 70 W e incrementos de 25 W.min⁻¹ na sequência, até a exaustão, semelhante ao teste adotado por NIMMERICHTER, A. et al. (2010), para determinação da potência aeróbia máxima (P_{max}). A exaustão foi definida como o momento em que o indivíduo não foi capaz de manter uma cadência mínima de 70 rpm por mais de 5 s (LUCIA, A. et al., 2004). A P_{max} foi definida como a maior $P_{méd}$ registrada pelo medidor de potência em 1 min (BALMER; DAVISON; BIRD, 2000).

A FC foi monitorada por todo teste utilizando um cardiofrequencímetro (RS800CX, Polar Electro, Kempele, Finlândia) e a PSE registrada 10 s após o final do teste, usando a escala de Borg de 15 pontos (BORG, 1982). Todos os indivíduos receberam vigoroso encorajamento verbal de modo a garantir o melhor desempenho possível. A temperatura e a umidade relativa do ar foram mantidas constantes (18-22°C e 50-60%, respectivamente) e um ventilador posicionado em frente aos ciclistas com objetivo de arrefecimento.

4.2.5 Testes contrarrelógio

O protocolo do teste CR em campo utilizado no presente estudo foi adaptado de NIMMERICHTER, A. et al. (2010) e BOSSI et al. (2014), que analisaram a reprodutibilidade da $P_{méd}$ produzida durante 20 min. Foram utilizados dois percursos de subida com gradiente médio de 6,5 e 5,6%, na mesma hora do dia (± 2 horas), a fim de evitar influências do ritmo circadiano (DRUST et al., 2005). Cada participante realizou todos os testes no mesmo percurso (percurso 1, n = 8; percurso 2, n = 10).

Foram utilizadas as bicicletas próprias de cada ciclista acopladas à mesma roda equipada com medidor de potência usada no TEI e realizados os mesmos procedimentos de calibração. Após aquecimento prévio de 30 min em intensidade referente ao valor “11” (descriptor “leve”) da Escala de Borg de 15 pontos (BORG, 1982), os ciclistas foram instruídos a produzir a maior potência possível durante os 20 min de CR. Foram utilizados neste estudo 3 medidores de potência, todos numerados para que os participantes utilizassem o mesmo equipamento nos testes. A fim de evitar influência visual entre os ciclistas, intervalo de 5 min foi dado entre o início de cada CR quando mais de um atleta foi avaliado na mesma sessão. Aos participantes foi permitido pedalar em pé, escolher a cadência de pedalada e a relação de marchas. O único feedback visual fornecido foi o tempo de teste e os participantes foram informados do desempenho somente ao final de todos CRs, a fim de evitar influências na percepção individual dos testes de acordo com recomendação de CURRELL; JEUKENDRUP (2008). Os dados dos medidores de potência foram registrados e posteriormente acessados de acordo com os mesmos procedimentos realizados no TEI. A FC foi monitorada durante todo teste (RS800CX, Polar Electro, Kempele, Finland). Os testes não foram conduzidos quando as condições climáticas estiveram além dos limites estabelecidos (temperatura >35°C ou tempestades pesadas).

4.2.6 Análise estatística

Os resultados descritivos estão apresentados em média \pm desvio padrão. O pressuposto de normalidade dos dados foi verificado pelo teste Shapiro-Wilk. A reprodutibilidade do desempenho foi descrita pelo coeficiente de correlação intraclasse (CCI), pelo coeficiente de variação (CV) da $P_{méd}$ produzida, a partir dos dados transformados logaritmicamente – como descrito por HOPKINS, WILLIAM G; HAWLEY; BURKE (1999) – e pelo erro típico (ET) dos valores absolutos – além dos limites de confiança de 90% (LC90%) (HOPKINS, W. et al., 2009). A diferença entre as potências médias produzidas em cada CR foi verificada a partir da ANOVA de medidas repetidas de um caminho, com correção de Bonferroni para comparações aos pares. O pressuposto de esfericidade foi verificado usando o teste de Mauchly. Para análise da estratégia de *pacing*, o tempo total de teste foi dividido em intervalos de 2 min. Para cada intervalo, a $P_{méd}$ foi normalizada em relação a $P_{méd}$ total do CR, com análise das interações estatísticas avaliadas por meio de ANOVA de medidas

repetidas de dois caminhos. ANOVA mista de três caminhos foi utilizada para analisar se houve interação entre a estratégia de *pacing* e o nível de desempenho (ciclistas divididos em 2 grupos baseado na $P_{\text{méd}}$) e os percursos. Significância estatística foi assumida quando o valor de p foi menor do que 0,05. Para as análises, foram utilizados o pacote estatístico SPSS (versão 20.0, IBM, Armonk, Estados Unidos) e planilhas (Excel 2010, Microsoft, Redmond, Estados Unidos) publicadas online (HOPKINS, W. G., 2000).

4.3 Resultados

Os participantes apresentaram idade média de $31,8 \pm 7,6$ anos, massa corporal de $71,6 \pm 8,3$ kg, altura de $1,74 \pm 0,08$ m e percentual de gordura de $13,4 \pm 2,7$ %. A potência máxima obtida no TEI foi 350 ± 36 W. CCI, ET e CV da $P_{\text{méd}}$ entre os CRs 2–1, 3–2 e 4–3 estão apresentados na Tabela 2. A $P_{\text{méd}}$ não foi diferente ($F = 0,150$; $p = 0,855$; $\eta_p^2 = 0,009$) entre os CRs (287 ± 30 , 287 ± 29 , 286 ± 32 e 286 ± 34 W para os CRs 1, 2, 3, e 4, respectivamente). A estratégia de *pacing* e o ET da $P_{\text{méd}}$ em cada intervalo de 2 min, junto com o LC90%, estão apresentados na Figura 6. Foi encontrada alta variabilidade na estratégia de *pacing* no início e final dos CRs (ET = 7,57%, 6,29% e 6,08% para o intervalo 0–2 min; 7,01%, 6,34% e 6,24% para o intervalo 18–20 min, entre os CRs 2–1, 3–2 e 4–3, respectivamente) e efeito principal significativo do tempo ($F = 96,134$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,850$). A comparação aos pares revelou diferenças apenas entre os intervalos 0–2 e 2–4 min ($p < 0,001$). A estratégia de *pacing* adotada pelos ciclistas não foi diferente entre CRs ($F = 1,970$; $p = 0,060$; $\eta_p^2 = 0,104$) e grupos de desempenho ($F = 1,052$; $p = 0,399$; $\eta_p^2 = 0,062$), mas diferiu entre percursos ($F = 4,861$; $p = 0,006$; $\eta_p^2 = 0,233$).

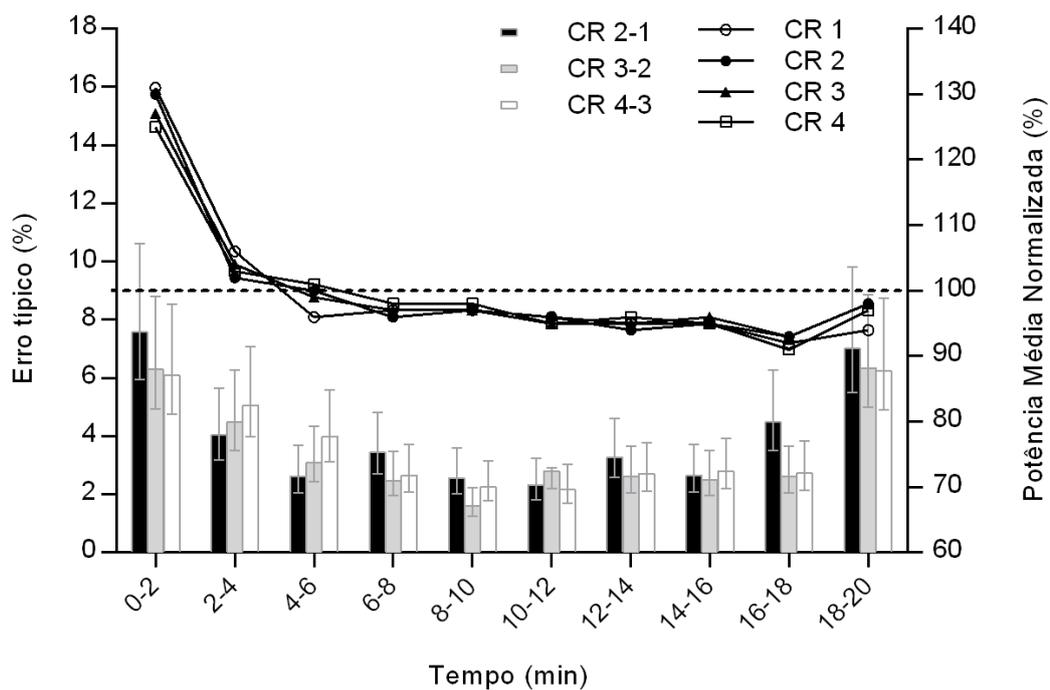


Figura 6. Erro típico (LC90%) da estratégia de *pacing* entre os CRs 2–1, 3–2 e 4–3 para cada intervalo de 2 min (barras). Erro foi calculado a partir da potência média normalizada (linhas).

Tabela 2. Coeficiente de correlação intraclasse, erro típico absoluto e erros típicos como coeficiente de variação entre os testes. Dados apresentados como média [LC90%].

	P_{méd} (W)				
	Todos participantes (n = 18)	Melhores ciclistas (n = 9)	Piores ciclistas (n = 9)	Percurso 1 (n = 8)	Percurso 2 (n = 10)
CCI ⁽²⁻¹⁾	0,95 [0,89–0,98]	0,94 [0,80–0,98]	0,97 [0,91–0,99]	0,95 [0,82–0,99]	0,98 [0,93–0,99]
CCI ⁽³⁻²⁾	0,97 [0,92–0,98]	0,96 [0,88–0,99]	0,98 [0,94–0,99]	0,96 [0,86–0,99]	0,98 [0,93–0,99]
CCI ⁽⁴⁻³⁾	0,95 [0,90–0,98]	0,96 [0,86–0,99]	0,96 [0,87–0,99]	0,96 [0,85–0,99]	0,97 [0,90–0,99]
Média	0,96 [0,92–0,98]	0,95 [0,89–0,98]	0,97 [0,93–0,99]	0,96 [0,89–0,99]	0,97 [0,94–0,99]
ET ⁽²⁻¹⁾	7,19 [5,64–10,06]	8,74 [6,28–14,95]	5,44 [3,91–9,31]	7,49 [5,29–13,47]	6,07 [4,43–9,99]
ET ⁽³⁻²⁾	6,15 [4,82–8,60]	6,44 [4,62–11,01]	5,28 [3,80–9,04]	6,57 [4,64–11,81]	6,06 [4,42–9,97]
ET ⁽⁴⁻³⁾	7,72 [6,06–10,81]	7,04 [5,06–12,05]	8,72 [6,27–14,93]	7,06 [4,98–12,69]	8,33 [6,08–13,71]
Média	7,05 [6,02–8,77]	7,47 [6,02–10,55]	6,67 [5,37–9,42]	7,05 [5,57–10,12]	6,91 [5,54–9,31]
CV ⁽²⁻¹⁾	2,6 [2,0–3,6]	3,1 [2,2–5,3]	2,1 [1,5–3,6]	2,7 [1,9–4,9]	2,1 [1,5–3,5]
CV ⁽³⁻²⁾	2,2 [1,7–3,1]	2,2 [1,5–3,7]	2,0 [1,4–3,5]	2,4 [1,7–4,3]	2,2 [1,6–3,6]
CV ⁽⁴⁻³⁾	2,8 [2,2–3,9]	2,3 [1,7–4,0]	3,3 [2,4–5,8]	2,6 [1,8–4,6]	3,0 [2,2–5,0]
Média	2,5 [2,2–3,2]	2,6 [2,1–3,6]	2,6 [2,0–3,6]	2,5 [2,0–3,7]	2,5 [2,0–3,3]

CCI: coeficiente de correlação intraclasse; ET: erro típico; CV: coeficiente de variação.

4.4 Discussão

O principal achado do presente estudo foi a alta reprodutibilidade do desempenho no CR de 20 min em subida, tanto quando considerados todos participantes ou quando divididos em grupos de desempenho ou percurso. Tais resultados corroboram os achados de NIMMERICHTER, A. et al. (2010) em percurso

plano de mesma duração (CCI = 0,98 [IC95% 0,95 a 0,99]). Uma limitação desse estudo deve-se ao fato de terem sido realizados dois testes (CR de 4 e 20 min) no mesmo dia, com apenas 30 min de intervalo entre eles. TAN; AZIZ (2005) analisaram a reprodutibilidade do desempenho em percurso de subida de 1,4 km com gradiente médio de 7,1% (tempo médio de $3,58 \pm 0,33$ min de duração). Os resultados da $P_{\text{méd}}$ encontrados foram semelhantes aos do presente estudo, com valores de CV de $2,6 \pm 1,0$ % e CCI de 0,97 (IC95% 0,91 a 0,99). Porém, apesar dos bons resultados de reprodutibilidade e de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os testes, foram realizados 3 CRs separados por apenas 40 min de descanso entre eles e subidas com a duração analisada são pouco representativas da realidade da maioria das modalidades do ciclismo. Já no presente estudo, tal limitação do intervalo entre testes e da curta duração (>1,4 km e 4 min) buscou ser sanada, com uso de 7 dias e 20 min, respectivamente. SMITH et al. (2001) encontraram resultados de CV de 2,4 e 2,1% (IC95% 1,3 a 4,3 e 1,1 a 3,8, respectivamente) quando comparados CRs de campo de 40 km, valores similares àqueles encontrados no presente estudo.

A estratégia de *pacing* adotada em todos CRs foi positiva, na qual adota-se um ritmo relativamente rápido no início, decrescendo no decorrer do exercício (THOMPSON, 2014), com maior variabilidade no início e final dos testes, corroborando os achados de testes realizados em laboratório (THOMAS et al., 2012). O nível de desempenho parece não influenciar a estratégia de *pacing* , enquanto que o percurso interfere, onde mais estudos são necessários para comparar a $P_{\text{méd}}$ em diferentes percursos.

De acordo com os resultados apresentados, os achados do presente estudo corroboram o fato de que CRs de tempo fixo são alternativas válidas e reprodutíveis para análise do desempenho de ciclistas. Por se tratar de um método de campo que avalia o desempenho diretamente no ambiente real da prática esportiva, o acesso por parte dos atletas torna-se mais fácil e a avaliação mais fidedigna do que no ambiente laboratorial. Somado a isso, a alta reprodutibilidade de um protocolo de curta duração, como o CR de 20 min avaliado no presente estudo, o torna facilmente aplicável na rotina de treinamento dos atletas, permitindo avaliações mais frequentes e, conseqüentemente, maior controle do treinamento a curto, médio e longo prazo. Deve-se, porém, ter cautela na extrapolação desses resultados para atletas de alto nível, uma vez que os participantes eram, na grande maioria, amadores. Estudos futuros

devem procurar avaliar atletas de alto nível e, também, outros tipos de percurso a fim de aumentar a aplicabilidade do CR de 20 min.

4.5 Conclusão

A $P_{\text{méd}}$ durante CR de 20 min em subida é reprodutível e os ciclistas parecem não modificar a estratégia de *pacing* após avaliações consecutivas, o que faz deste protocolo robusto para análise do desempenho em campo.

5. Monitoramento das cargas de treinamento no ciclismo: um estudo de caso

5.1 Objetivos

Os objetivos do presente estudo foram descrever a relação entre os métodos TSS, Trimp de Edwards e PSE da sessão e avaliar o método TSS frente aos outros dois na quantificação das cargas de treinamento no ciclismo em um atleta amador.

5.2 Métodos

5.2.1 Participante

Os dados foram coletados de um atleta amador (47 anos, massa corporal de 86,0 kg, altura de 1,90 m, FTP 314 W e $3,65 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$) que participa regularmente de competições de nível regional e nacional.

5.2.2 Registro dos dados

Foram considerados 76 dados de treinos em um período de 23 semanas. O critério de exclusão foi a ausência de algum registro, seja de potência, FC ou PSE. Dois testes para estimativa do FTP foram realizados no período, com posterior ajuste do valor para cálculo do TSS. O ciclista realizou todas sessões de treino com um medidor de potência (SRM Professional Training systems, Schoberer Rad Messtechnik, Jülich, Germany) acoplado à sua bicicleta de estrada e conectado a um ciclocomputador (Edge 810, Garmin, Olathe, EUA), com registro dos dados a 1 Hz. A FC foi monitorada constantemente, segundo a segundo, com utilização de uma fita (Garmin, Olathe, EUA) e registrada no mesmo ciclocomputador. Posteriormente, os dados foram acessados por meio de softwares especializados (WKO+ 3.0, Peaksware, Boulder, EUA e Golden Cheetah v3.3.0). O participante foi instruído a realizar o procedimento de calibração de acordo com recomendações do fabricante (SRM Professional Training systems, Schoberer Rad Messtechnik, Jülich, Germany).

5.2.3 Cálculo das cargas de treinamento

Para o cálculo do TSS, foi utilizada a fórmula (ALLEN; COGGAN, 2012):

$$\text{TSS} = [(s \times W \times \text{IF}) \div (\text{FTP} \times 3,600)] \times 100$$

onde s é a duração em segundos, W é a potência normalizada em Watts, IF é o fator de intensidade (*intensity fator*), FTP é o limiar funcional da potência, 3600 é o número de segundos em uma hora e IF é a potência normalizada expressa em fração do FTP , onde o valor 1,0 refere-se ao valor de $P_{\text{méd}}$ normalizada idêntico ao FTP . Tais cálculos foram gerados pelo software WKO (WKO+ 3.0, Peakware, Boulder, EUA) e são expressos em U.A.

Para o TRIMP de Edwards (EDWARDS, 1994), foi utilizado o software Golden Cheetah (Golden Cheetah v3.3.0). Os dados de FC segundo a segundo foram copiados para uma planilha do Excel e o tempo gasto em cada zona (50-60, 60-70, 70-80, 80-90 e 90-100% da FC máxima) foi calculado. Após, o tempo gasto em cada zona era multiplicado por um fator (1 a 5) e depois somado, com resultado em U.A.

Para cálculo da PSE da sessão (FOSTER et al., 2001) foi utilizada uma escala de 10 pontos, modificada de BORG (1982) (Figura 2). Trinta minutos após o término de cada sessão de treinamento, o atleta respondeu à pergunta: “Como foi sua sessão de treino?”, selecionando um descritor e um valor numérico correspondente (intensidade). Tal valor foi, então, multiplicado pela duração da sessão de treino em minutos (volume), obtendo-se resultado em U.A.

5.2.4 Análise estatística

Os resultados descritivos estão apresentados em média \pm desvio padrão. O pressuposto de normalidade dos dados foi verificado pelo teste Kolmogorov-Smirnov e por inspeção visual do Q-Q plot. Para verificar o relacionamento entre os métodos de quantificação das cargas de treinamento foi utilizado o teste de correlação de Pearson. Para interpretação da força das correlações, foram utilizadas diretrizes fornecidas por HOPKINS, W. et al. (2009): 0–0,09 trivial; 0,1–0,29 pequeno; 0,3–0,49 moderado; 0,50–0,69 grande; 0,70–0,89 muito grande; 0,90–0,99 quase perfeito; 1,00 perfeito. Para análise da concordância, foram utilizados diagramas de Bland-Altman. Devido ao foco na variabilidade intra-unidades, os dados foram normalizados

percentualmente baseado no valor médio de cada método de quantificação de carga. Finalmente, para avaliar a capacidade de predição do TSS a partir da PSE da sessão e do Trimp de Edwards e do Trimp de Edwards a partir da PSE da sessão, foi utilizado o método de regressão linear. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Para as análises, foi utilizado o pacote estatístico SPSS (versão 20.0, IBM, Armonk, Estados Unidos).

5.3 Resultados

A soma da duração das 76 sessões de treino foi de 179 horas e 7 minutos, com média de 2 horas e 21 minutos \pm 58 min e 20 segundos por dia. A média (\pm desvio padrão) dos métodos de quantificação da carga foi 712,5 \pm 438,3 U.A. para a PSE da sessão, 354,5 \pm 209,6 U.A. para o Trimp de Edwards e 120,0 \pm 59,7 U.A. para o TSS. O comportamento das cargas de treinamento de cada método analisado está apresentado na Figura 7.

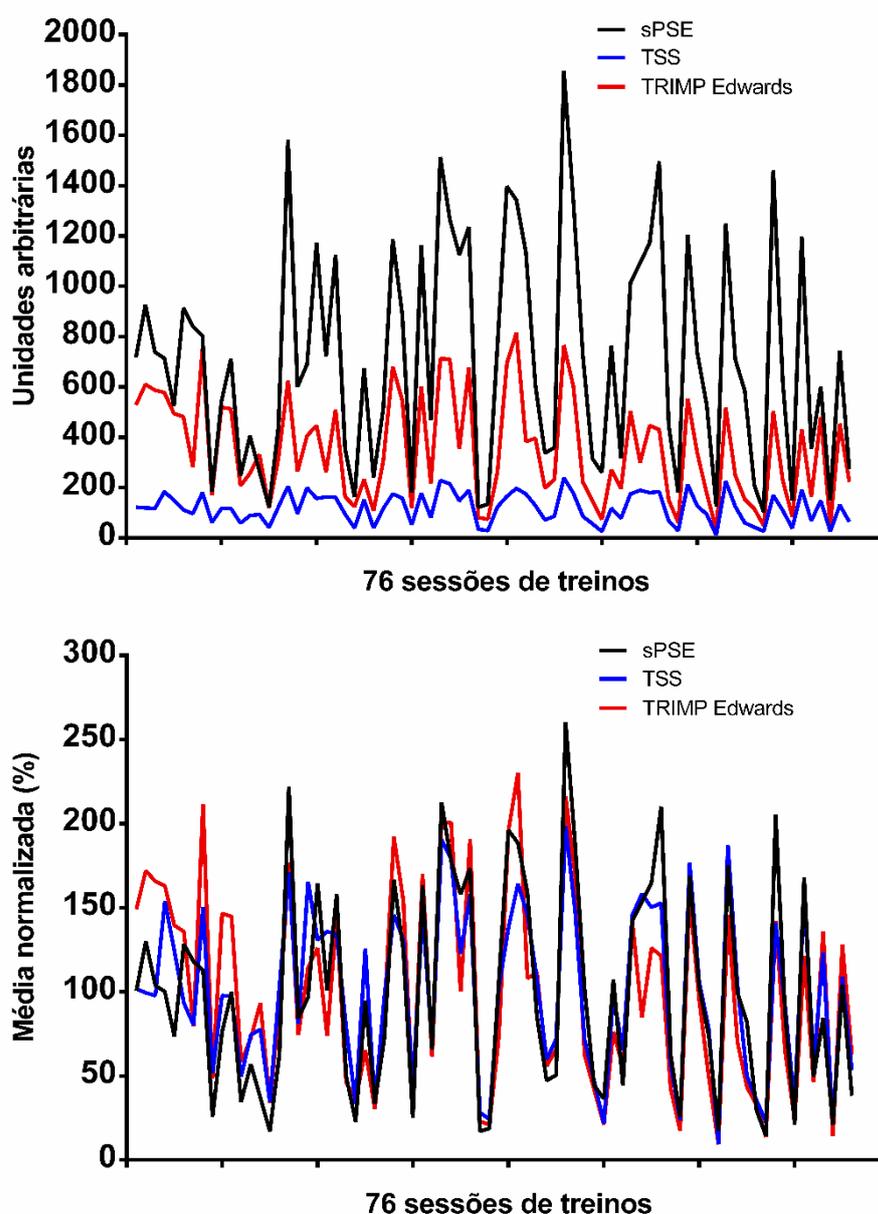


Figura 7. 76 sessões de treino em valores absolutos (acima) e normalizados (abaixo).

O relacionamento entre TSS e PSE da sessão, TSS e Trimp de Edwards e Trimp de Edwards e PSE da sessão foram todos positivos e muito fortes (Tabela 3). Os coeficientes de determinação foram muito elevados entre TSS e PSE da sessão e TSS e Trimp de Edwards, enquanto que entre Trimp de Edwards e PSE da sessão foi elevado (Tabela 3). De acordo com os valores encontrados, o TSS pode ser explicado 81% pela PSE da sessão e 75% pelo Trimp de Edwards; o Trimp de Edwards pode ser explicado 69% pela PSE da sessão.

Tabela 3. Correlação de Pearson entre TSS, PSE da sessão e Trimp de Edwards

	r	IC90% de r	r²
TSS x PSE da sessão	0,90	0,86 a 0,93	0,81
TSS x Trimp de Edwards	0,86	0,81 a 0,91	0,75
Trimp de Edwards x PSE da sessão	0,83	0,77 a 0,88	0,69

Os diagramas de Bland-Altman estão apresentados na Figura 8. Os limites de concordância de 90% foram $\pm 53,20$ entre TSS e PSE da sessão, $\pm 58,20\%$ entre TSS e Trimp de Edwards e $\pm 69,0\%$ entre Trimp de Edwards e PSE da sessão. Os resultados de viés não foram reportados uma vez que a normalização percentual gera esses valores iguais a zero.

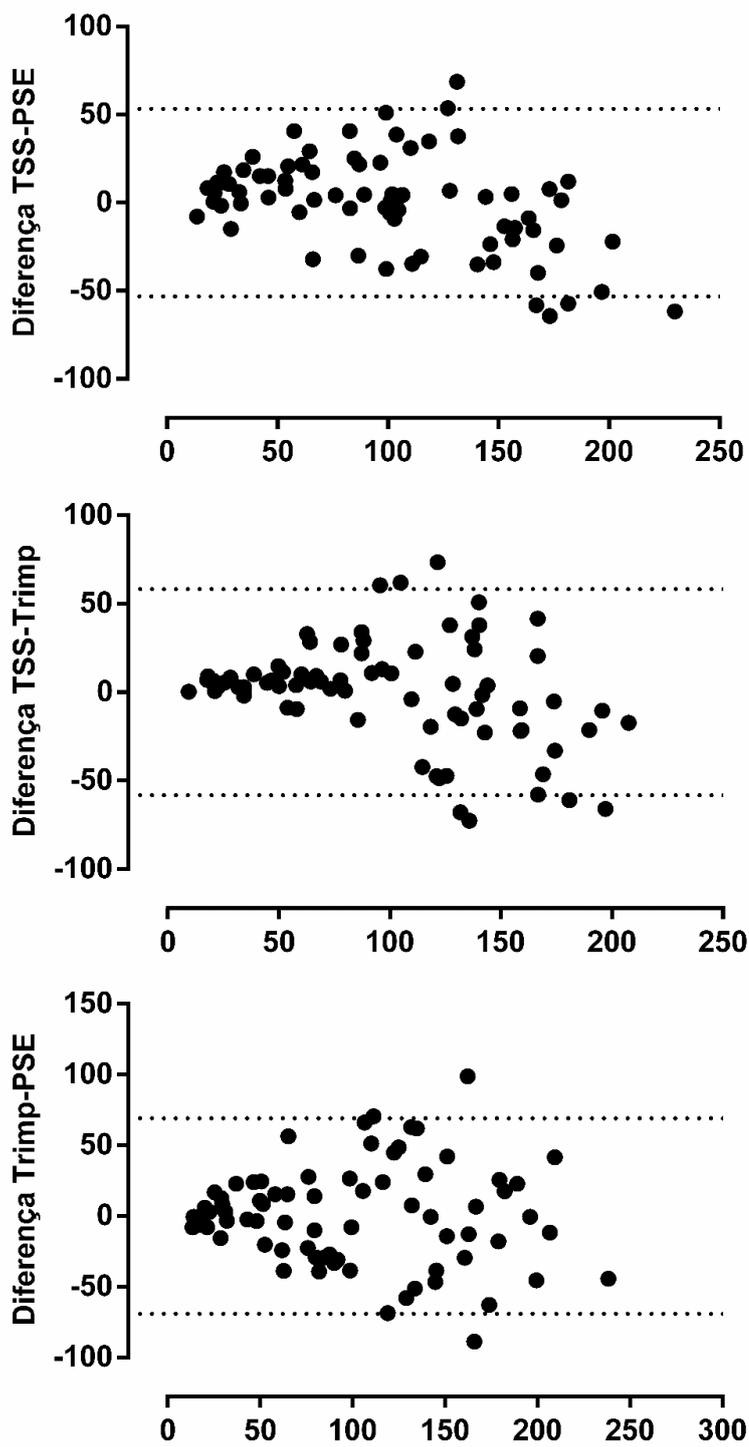


Figura 8. Diagramas de Bland-Altman entre os métodos TSS, PSE da sessão e Trimp de Edwards.

Regressões lineares foram conduzidas para prever os valores de TSS a partir de PSE da sessão e Trimp de Edwards e os valores de Trimp de Edwards a partir da PSE da sessão. Os resultados estão demonstrados na Figura 9. A partir dos dados dos 76 treinos analisados, foram encontradas as seguintes equações de predição:

$$\text{TSS} = 32,431 + 0,123 * \text{sPSE} \quad (1)$$

$$\text{TSS} = 32,665 + 0,246 * \text{Trimp} \quad (2)$$

$$\text{Trimp} = 71,656 + 0,397 * \text{sPSE} \quad (3)$$

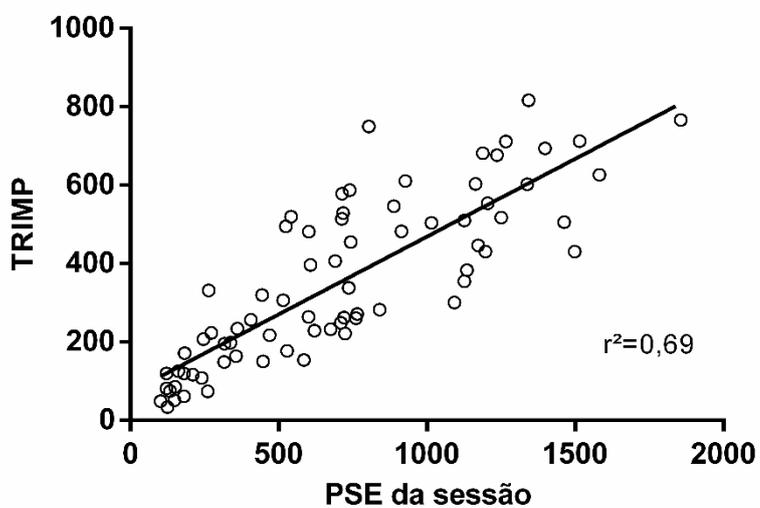
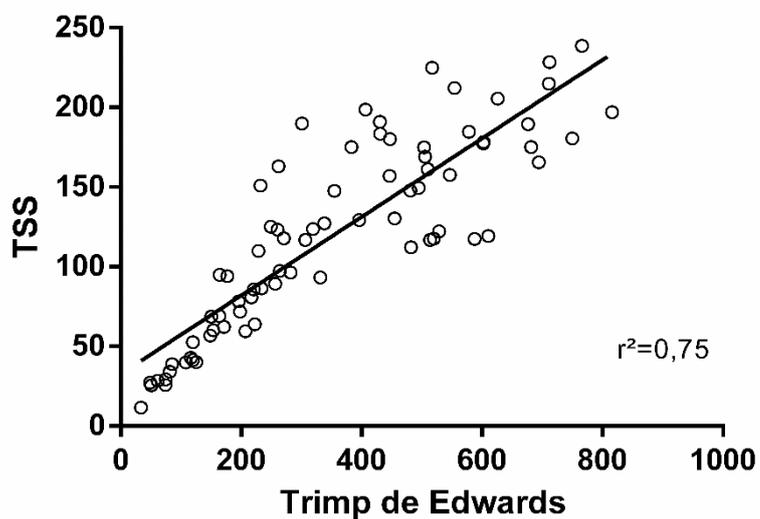
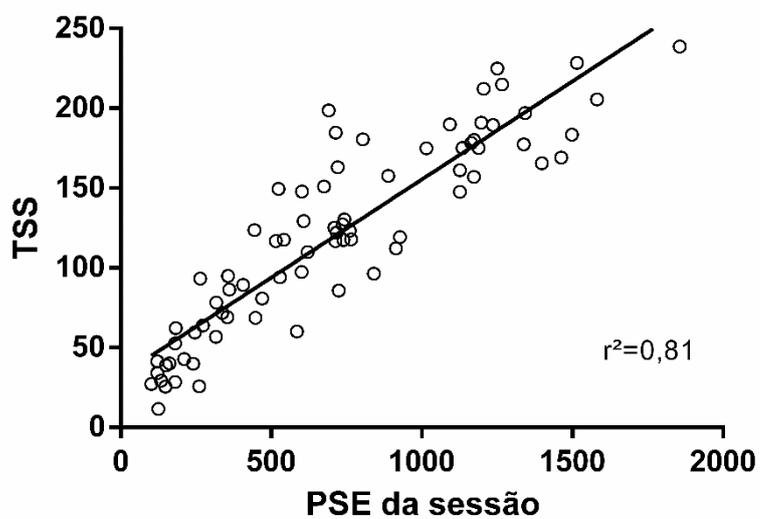


Figura 9. Regressões lineares entre os métodos de quantificação das cargas de treinamento TSS, PSE da sessão e Trimp de Edwards.

5.4 Discussão

O principal achado do presente estudo foi o relacionamento muito forte entre TSS, PSE da sessão e Trimp de Edwards na quantificação das cargas de treinamento. O maior valor de correlação foi encontrado entre TSS e PSE da sessão ($r = 0,90$). Poucos estudos utilizaram o TSS e, principalmente, comparando-o diretamente a outros métodos de quantificação das cargas de treinamento. SANDERS; HEIJBOER; et al. (2017) encontraram valores de correlação entre TSS e PSE da sessão e PSE da sessão e Trimp individualizado próximos aos do presente estudo ($r = 0,80$ a $0,91$ e $0,72$ a $0,88$, respectivamente), exceto na semana 1 das competições analisadas ($r = 0,62$ e $0,43$, respectivamente). SANDERS; ABT; et al. (2017) avaliaram a relação dose-resposta entre diferentes métodos (TSS, FC e PSE) e variáveis de desempenho e sugeriram que variáveis que integram características fisiológicas individuais são melhores do que métodos de quantificação arbitrária, como é o caso da PSE da sessão. Os resultados do presente estudo vão de encontro a tal afirmação, pois a maior correlação foi encontrada justamente entre TSS e PSE da sessão (Tabela 3). Em relação ao estudo em questão (SANDERS; ABT; et al., 2017), pode-se destacar que o ponto forte foi a originalidade em avaliar a dose-resposta entre diversos métodos de quantificar cargas e variáveis de desempenho. Porém, seus resultados devem ser interpretados com cautela, uma vez que as melhoras obtidas foram moderadas no $VO_{2máx}$ (+5%, $p = 0,002$, TE = 0,73) e potência a 2,0 mmol (+7%, $p < 0,001$, TE = 0,72) e pequenas na potência a 4,0 mmol (+4%, $p < 0,001$, TE = 0,56), potência máxima (+3%, $p = 0,009$, TE = 0,38), potência média (+1%, $p = 0,490$, TE = 0,25) e potência média relativa (+3%, $p = 0,124$, TE = 0,46).

Os resultados encontrados para o Trimp de Edwards também foram diferentes entre o presente estudo e SANDERS; ABT; et al. (2017), com valores de correlação de 0,83 contra 0,76 (maior valor encontrado), respectivamente. RODRÍGUEZ-MARROYO et al. (2012) e SANDERS; HEIJBOER; et al. (2017) demonstraram que a FC média e máxima, durante competições, diminui consideravelmente, o que pode afetar a quantificação das cargas de treinamento por métodos que considerem a FC no cálculo. Porém, foi encontrada relação significativa entre as duas variáveis analisadas (PSE da sessão e Lucia's Trimp; $r = 0,75$; $p < 0,001$) (RODRÍGUEZ-MARROYO et al., 2012), o que significa que ambos métodos tem boa relação entre si. Somado a esses achados, o presente estudo demonstrou correlação muito forte do

Trimp de Edwards quando comparado a TSS e PSE da sessão (0,86 e 0,83, respectivamente). Portanto, sugere-se haver bom relacionamento entre tais variáveis para a quantificação das cargas de treinamento e, principalmente, boa relação entre o TSS frente aos métodos de FC e PSE da sessão, o que fortalece a hipótese de que métodos de simples aferição e menor custo do que os medidores de potência podem ser empregados para controle das cargas de treinamento. Assim, mais estudos são necessários para expandir os achados e concretizar o relacionamento entre os métodos de quantificação das CTs que consideram TSS, FC e PSE da sessão, principalmente devido aos dados obtidos nesse estudo de caso serem preliminares e ainda não poderem ser extrapolados à população.

Os dados plotados nos diagramas de Bland-Altman foram normalizados em relação ao valor médio obtido no período para cada método. A normalização percentual tende a aproximar os valores em uma mesma escala relativa, diferentemente do que ocorre em valores absolutos (médias de 712,5 U.A. para a PSE da sessão, 354,5 U.A. para o Trimp de Edwards e 120,0 U.A. para o TSS). Porém, a tendência observada foi de que quanto maiores os valores de carga, menor foi a concordância entre métodos. Tal comportamento pôde ser observado em todos os casos. Mais estudos são também necessários para concluir se existe concordância entre os métodos de quantificação das CTs utilizados, principalmente em cargas elevadas.

Os resultados devem ser interpretados com cautela uma vez que ainda não há definido na literatura uma variável critério ou padrão ouro para monitoramento das CTs no ciclismo. Mas baseado no relacionamento muito forte entre TSS, PSE da sessão e Trimp de Edwards na quantificação das CTs, os achados sugerem que independentemente do método utilizado, o padrão de resposta observado proveniente da potência, FC e PSE será semelhante, pois esses parâmetros compõem um único sistema orgânico integrado. Assim, tem-se comportamentos semelhantes com particularidades presentes em cada método em relação à forma de medição individual, mas, de maneira geral, as respostas observadas serão as mesmas como apresentado na Figura 7.

5.5 Conclusão

Pode-se concluir que os métodos avaliados apresentaram boa correlação entre si, principalmente entre PSE da sessão e TSS, sugerindo que tal método subjetivo representa uma boa alternativa para inclusão como ferramenta de monitoramento das CTs no ciclismo. A correlação também foi boa entre Trimp de Edwards e TSS, sugerindo que há métodos que utilizam a FC que podem ser utilizados para monitoramento das CTs no ciclismo. Os achados do presente estudo corroboram a ideia de que talvez a integração de métodos seja de fato a melhor estratégia para controle das CTs, pois cada um irá apresentar benefícios, limitações e aplicações específicas. Porém, a boa correlação entre os métodos sugere que os três podem ser utilizados no monitoramento diário do treinamento no ciclismo e que mais estudos são necessários para compreender a concordância entre os métodos principalmente em CTs mais altas.

6. Considerações finais

No processo de treinamento esportivo é necessário que exista coerência entre as CT aplicadas e a recuperação para que sejam obtidas respostas positivas no desempenho e, conseqüentemente, sejam atingidos resultados desejados. Para tal, é necessário o controle preciso do estresse imposto ao organismo do praticante, com uso de ferramentas, por parte dos treinadores, que traduzam números de volume e intensidade em valores individuais de CT. Pautados em valores de referência, a tomada de decisões na manipulação das variáveis de treinamento torna-se muito mais científica e confiável ao invés de intuitiva como historicamente feito pelos treinadores. Além do controle das CT, métodos que avaliem o desempenho com acurácia, sejam próximos da realidade esportiva e facilmente aplicáveis na rotina de treinamento dos atletas são requeridos.

Tendo em vista o contexto necessário ao processo de treinamento esportivo, o presente estudo apresenta ferramentas que podem ser utilizadas no cotidiano de ciclistas. O teste CR de 20 min em subida avaliado representa um método simples e eficaz de avaliação do desempenho, devido a sua alta reprodutibilidade entre testes. Além disso, representa também uma boa alternativa por ser curto quando comparado

a outros protocolos e por se tratar de um método de avaliação diretamente no ambiente real da prática esportiva, tornando o acesso por parte dos atletas mais fácil e a avaliação mais fidedigna do que no ambiente laboratorial. Conseqüentemente, a periodicidade da aplicação desse teste pode ser aumentada, o que irá trazer resultados mais rapidamente sobre o desempenho do atleta para que os treinadores possam avaliar e modificar estratégias caso necessário.

Como o desempenho está intimamente ligado às CT aplicadas, o presente estudo apresenta a relação entre diferentes métodos de monitoramento das CT. Foram demonstrados relacionamentos muito fortes entre os métodos TSS, PSE da sessão e Trimp de Edwards, representando alternativas válidas para monitoramento das CT no ciclismo. Assim, atletas que não tem acesso a recursos e equipamentos de ponta como os medidores de potência, podem também ser acompanhados a partir de ferramentas simples e de baixo custo que representam fidedignamente o estresse imposto pelo treinamento, pois independentemente do método utilizado, a resposta do organismo é semelhante por tratar-se de um único sistema orgânico integrado no qual o padrão de resposta oriundo da potência, FC e PSE será parecido. As particularidades presentes em cada método irão diferir em relação à forma de medição individual, mas, de maneira geral, as respostas obtidas serão as mesmas.

Referências

- ALLEN, H.; COGGAN, A. **Training and racing with a power meter**. VeloPress, 2012. ISBN 1937716155.
- AMANN, M.; SUBUDHI, A. W.; FOSTER, C. Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. **Scand J Med Sci Sports**, v. 16, n. 1, p. 27-34, Feb 2006.
- ATKINSON, G.; BRUNSKILL, A. Pacing strategies during a cycling time trial with simulated headwinds and tailwinds. **Ergonomics**, v. 43, n. 10, p. 1449-1460, 2000.
- BALMER, J.; DAVISON, R. C.; BIRD, S. R. Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1-km cycling time trial. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 8, p. 1485-90, Aug 2000.
- BANISTER, E. Modeling elite athletic performance. **Physiological testing of elite athletes**, p. 403-424, 1991.
- BARA FILHO, M. G. et al. Comparação de diferentes métodos de controle da carga interna em jogadores de voleibol. **Rev. bras. med. esporte**, v. 19, n. 2, p. 143-146, 2013.
- BENTLEY, D. J.; MCNAUGHTON, L. R. Comparison of $W(\text{peak})$, $VO_2(\text{peak})$ and the ventilation threshold from two different incremental exercise tests: relationship to endurance performance. **J Sci Med Sport**, v. 6, n. 4, p. 422-35, Dec 2003.
- BENTLEY, D. J. et al. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 12, p. 2077-81, Dec 2001.
- BERTUCCI, W.; GRAPPE, F.; GROSLAMBERT, A. Laboratory versus outdoor cycling conditions: differences in pedaling biomechanics. **J Appl Biomech**, v. 23, n. 2, p. 87-92, May 2007.
- BERTUCCI, W. M. et al. Gross efficiency and cycling economy are higher in the field as compared with on an Axiom stationary ergometer. **J Appl Biomech**, v. 28, n. 6, p. 636-44, Dec 2012.
- BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med sci sports exerc**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.
- BORRESEN, J.; LAMBERT, M. I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. **Sports Medicine**, v. 39, n. 9, p. 779-795, 2009.
- BOSSI, A. et al. Laboratory predictors of uphill cycling time trial performance. **Journal of Science and Cycling**, v. 3, n. 2, p. 5, 2014.

BOURDON, P. C. et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. Suppl 2, p. S2-161-S2-170, 2017.

CANGLEY, P. et al. The effect of variable gradients on pacing in cycling time-trials. **International journal of sports medicine**, v. 32, n. 02, p. 132-136, 2011.

CARDINALE, M.; VARLEY, M. C. Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. Suppl 2, p. S2-55-S2-62, 2017.

CHRISTEN, J. et al. Temporal robustness of the session rating of perceived exertion. **International journal of sports physiology and performance**, v. 11, n. 8, p. 1088-1093, 2016.

CURRELL, K.; JEUKENDRUP, A. E. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. **Sports Med**, v. 38, n. 4, p. 297-316, 2008.

DRUST, B. et al. Circadian Rhythms in Sports Performance—an Update. **Chronobiology International**, v. 22, n. 1, p. 21-44, 2005.

EDWARDS, S. The heart rate monitor book. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 26, n. 5, p. 647, 1994.

FANCHINI, M. et al. Effect of training-session intensity distribution on session rating of perceived exertion in soccer players. **International journal of sports physiology and performance**, v. 10, n. 4, p. 426-430, 2015.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 30, p. 1164-1168, 1998.

FOSTER, C. et al. Athletic performance in relation to training load. **Wisconsin medical journal**, v. 95, n. 6, p. 370-374, 1996.

FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109-115, 2001.

FOSTER, C.; RODRIGUEZ-MARROYO, J. A.; DE KONING, J. J. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. Suppl 2, p. S2-2-S2-8, 2017.

FREITAS, V. H. D. et al. Pre-competitive physical training and markers of performance, stress and recovery in young volleyball athletes. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 17, n. 1, p. 31-40, 2015.

GABBETT, T. J. et al. **If overuse injury is a ‘training load error’, should undertraining be viewed the same way?**: BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine 2016.

GAVIN, T. P. et al. Comparison of a field-based test to estimate functional threshold power and power output at lactate threshold. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 416-421, 2012.

HALSON, S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. **Sports Medicine**, v. 44, n. 2, p. 139-147, 2014.

HAM, D. J.; KNEZ, W. L. An evaluation of 30-km cycling time trial (TT30) pacing strategy through time-to-exhaustion at average TT30 pace. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 1016-1021, 2009.

HERLIHY, D. V. **Bicycle: the history**. Yale University Press, 2004. ISBN 0300104189.

HOPKINS, W. et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine+ Science in Sports+ Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3, 2009.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Med**, v. 30, n. 1, p. 1-15, Jul 2000.

HOPKINS, W. G.; HAWLEY, J. A.; BURKE, L. M. Design and analysis of research on sport performance enhancement. **Medicine and science in sports and 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 Med**, v. 31, n. 3, p. 211-34, 2001.

HORTA, T. A. et al. Training Load, Physical Performance, Biochemical Markers, and Psychological Stress During A Short Preparatory Period in Brazilian Elite Male Volleyball Players. **Journal of strength and conditioning research**, 2017.

IMPELLIZZERI, F. M. et al. Use of RPE-based training load in soccer. **Medicine & Science in sports & exercise**, v. 36, n. 6, p. 1042-1047, 2004.

ITURRICASTILLO, A. et al. Quantifying Wheelchair Basketball Match Load: A Comparison of Heart-Rate and Perceived-Exertion Methods. **International journal of sports physiology and performance**, v. 11, n. 4, p. 508-514, 2016.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JEUKENDRUP, A. et al. A new validated endurance performance test. **Med Sci Sports Exerc**, v. 28, n. 2, p. 266-70, Feb 1996.

JOBSON, S. A. et al. The analysis and utilization of cycling training data. **Sports medicine**, v. 39, n. 10, p. 833-844, 2009.

KARLSSON, J.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation during muscular exercise as a threshold concept. **International Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 04, p. 190-201, 1982.

KELLMANN, M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 20, n. s2, p. 95-102, 2010.

LAMBERTS, R. P.; LAMBERT, M. I. Day-to-day variation in heart rate at different levels of submaximal exertion: implications for monitoring training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 1005-1010, 2009.

LAURSEN, P. B.; SHING, C. M.; JENKINS, D. G. Reproducibility of the cycling time to exhaustion at .VO₂peak in highly trained cyclists. **Can J Appl Physiol**, v. 28, n. 4, p. 605-15, Aug 2003.

LUCIA, A.; HOYOS, J.; CHICHARRO, J. L. Preferred pedalling cadence in professional cycling. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 8, p. 1361-6, Aug 2001.

LUCIA, A. et al. Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France? **Br J Sports Med**, v. 38, n. 5, p. 636-40, Oct 2004.

LUCIA, A. et al. Tour de France versus Vuelta a Espana: which is harder? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 5, p. 872-878, 2003.

MANZI, V. et al. Training-load distribution in endurance runners: Objective versus subjective assessment. **International journal of sports physiology and performance**, v. 10, n. 8, p. 1023-1028, 2015.

MARCORA, S. M.; BOSIO, A.; DE MORREE, H. M. Locomotor muscle fatigue increases cardiorespiratory responses and reduces performance during intense cycling exercise independently from metabolic stress. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 294, n. 3, p. R874-R883, 2008.

MCLELLAN, T. M.; CHEUNG, S. S.; JACOBS, I. Variability of time to exhaustion during submaximal exercise. **Can J Appl Physiol**, v. 20, n. 1, p. 39-51, Mar 1995.

METCALFE, A. J. et al. Within-season distribution of external training and racing workload in professional male road cyclists. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. Suppl 2, p. S2-142-S2-146, 2017.

MUJIKA, I. Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. Suppl 2, p. S2-9-S2-17, 2017.

NAKAMURA, F. Y.; MOREIRA, A.; AOKI, M. S. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável?-doi: 10.4025/reveducfis. v21i1. 6713. **Journal of Physical Education**, v. 21, n. 1, p. 1-11, 2010.

NIMMERICHTER, A. et al. Effects of low and high cadence interval training on power output in flat and uphill cycling time-trials. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 1, p. 69-78, Jan 2012.

NIMMERICHTER, A. et al. Longitudinal monitoring of power output and heart rate profiles in elite cyclists. **Journal of sports sciences**, v. 29, n. 8, p. 831-839, 2011.

NIMMERICHTER, A. et al. Evaluation of a field test to assess performance in elite cyclists. **Int J Sports Med**, v. 31, n. 3, p. 160-6, Mar 2010.

NIMMERICHTER, A. et al. Evaluation of a field test to assess performance in elite cyclists. **International journal of sports medicine**, v. 31, n. 03, p. 160-166, 2010.

PASSFIELD, L. et al. Knowledge is power: Issues of measuring training and performance in cycling. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 14, p. 1426-1434, 2017.

PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Tests of cycling performance. **Sports Med**, v. 31, n. 7, p. 489-96, 2001.

PINOT, J.; GRAPPE, F. A six-year monitoring case study of a top-10 cycling Grand Tour finisher. **Journal of sports sciences**, v. 33, n. 9, p. 907-914, 2015.

RODRÍGUEZ-MARROYO, J. A. et al. Comparison of heart rate and session rating of perceived exertion methods of defining exercise load in cyclists. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 8, p. 2249-2257, 2012.

ROOS, L. et al. Monitoring of daily training load and training load responses in endurance sports: what do coaches want. **Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie**, v. 61, n. 4, p. 30-36, 2013.

SANDERS, D. et al. Methods of monitoring training load and their relationships to changes in fitness and performance in competitive road cyclists. **International journal of sports physiology and performance**, p. 1-23, 2017.

SANDERS, D. et al. Analysing a cycling grand tour: Can we monitor fatigue with intensity or load ratios? **Journal of sports sciences**, p. 1-7, 2017.

SANDERS, D.; MYERS, T.; AKUBAT, I. Training Intensity Distribution in Road Cyclists: Objective Versus Subjective Measures. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, p. 1-20, 2017.

SEILER, S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? **International journal of sports physiology and performance**, v. 5, n. 3, p. 276-291, 2010.

SMITH, M. F. et al. Reliability of mean power recorded during indoor and outdoor self-paced 40 km cycling time-trials. **Int J Sports Med**, v. 22, n. 4, p. 270-4, May 2001.

STAGNO, K. M.; THATCHER, R.; VAN SOMEREN, K. A. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 6, p. 629-634, 2007.

STEVENS, C. J.; DASCOMBE, B. J. The reliability and validity of protocols for the assessment of endurance sports performance: an updated review. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**, v. 19, n. 4, p. 177-185, 2015.

TABBEN, M. et al. Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training load in karate athletes. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, 2015.

TAN, F. H.; AZIZ, A. R. Reproducibility of outdoor flat and uphill cycling time trials and their performance correlates with peak power output in moderately trained cyclists. **J Sports Sci Med**, v. 4, n. 3, p. 278-84, Sep 1 2005.

TAYLOR, K. et al. Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. **J Aust Strength Cond**, v. 20, n. 1, p. 12-23, 2012.

TEN HAAF, T. et al. Subjective fatigue and readiness to train may predict functional overreaching after only 3 days of cycling. 2017.

THOMAS, K. et al. The effect of an even-pacing strategy on exercise tolerance in well-trained cyclists. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 12, p. 3001-3010, 2013.

THOMAS, K. et al. Reproducibility of pacing strategy during simulated 20-km cycling time trials in well-trained cyclists. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 1, p. 223-229, 2012.

THOMPSON, K. **Pacing: Individual strategies for optimal performance**. Human Kinetics, 2014. ISBN 1450421237.