

Vitor Pereira Costa

**EFEITOS DE UM BLOCO SEMANAL DE TREINAMENTO
INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE NOS ÍNDICES
FISIOLÓGICOS E *PERFORMANCE* DE CICLISTAS
COMPETITIVOS**

Tese submetida ao Programa de Pós-
graduação em Educação Física da
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Doutor em Educação Física
Orientador: Prof. Dr. Luiz Guilherme
Antonacci Guglielmo

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Costa, Vitor Pereira

EFEITOS DE UM BLOCO SEMANAL DE TREINAMENTO INTERVALADO
DE ALTA INTENSIDADE NOS ÍNDICES FISIOLÓGICOS E PERFORMANCE
DE CICLISTAS COMPETITIVOS / Vitor Pereira Costa ;
orientador, Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo Guglielmo -
Florianópolis, SC, 2014.

99 p.

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

Inclui referências

1. Educação Física. 2. treinamento esportivo, ciclismo,
crash training, fisiologia. I. Guglielmo, Luiz Guilherme
Antonacci Guglielmo. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III.
Título.

Vitor Pereira Costa

**EFEITOS DE UM BLOCO SEMANAL DE TREINAMENTO
INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE NOS ÍNDICES
FISIOLÓGICOS E *PERFORMANCE* DE CICLISTAS
COMPETITIVOS**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor em Educação Física, e aprovada em sua forma final pelo Programa Pós-Graduação em Educação Física.

Florianópolis, 21 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

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

Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dra. Camila Coelho Grecco
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

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

Prof. Dr. Fernando Diefenthaler
Universidade Federal de Santa Catarina

A meus pais Hermínio (*in memoriam*) e Waleska, minhas irmãs Valéria e Luciana, pelo amor que tenho por vocês. A todos os atletas que competem nas diversas modalidades do ciclismo.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar com a vida.

Aos meus queridos pais Hermínio da Rocha Costa (*in memoriam*) e Waleska Pereira Costa por tudo que me ofereceram durante a vida. Por serem pessoas tão simples e fazerem o que podem por seus filhos. Obrigado a Celso Damasceno pela amizade e por cuidar da minha mãe.

As minhas queridas irmãs Valéria e Luciana que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos da minha vida. Obrigado ao meu cunhado Tiago de Melo Cruz pela amizade e por cuidar da minha irmã e minhas sobrinhas Cecília e Clarice.

A toda a minha querida família.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, pela amizade e companheirismo. Sempre calmo, educado e disponível a me ajudar no que foi preciso e contribuindo a todo momento para a minha formação ao longo dos estudos. Obrigado por confiar na minha proposta de Doutorado, que desde o início teve a intenção de ser no exterior. Obrigado por me acompanhar na Nova Zelândia (NZ) em 2011. Enfim, obrigado por acreditar no meu trabalho desde quando você participou da minha banca de Mestrado e pela sincera amizade.

Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Carl David Paton, pela amizade e convivência durante todo o período que estive na NZ (2007-2008, 2011, 2012-2013). Obrigado pela conversas sobre pesquisas, pelas aulas, pela confiança com as chaves do laboratório e da *Eastern Intitute of Technology* (EIT). Obrigado por me oferecer o local de moradia no exterior na sua residência, por me apresentar os atletas e seus amigos, por me emprestar seu carro. Obrigado pelos momentos de lazer, pelas trilhas e competições de *mountain bike*, pelos treinos de ciclismo e pelas conversas que tivemos a todo momento. Obrigado por compreender o meu inglês e contribuir para que eu pudesse desenvolver melhor a língua estrangeira. Enfim, obrigado Carl, por desenvolvermos algo na vida chamado de amizade.

A Ingrid e Kirsty Perols pela amizade e por todos os momentos de convivência na NZ, foram diversos almoços, cafés, jantares, vinhos, aniversários, Natal e muitas conversas agradáveis.

Ao Professor Will Hopkins por me apresentar Carl Paton e pelas diversas tentativas de me ensinar alguns fundamentos de estatística.

A Glen Harkness, diretor da EIT, pela amizade e todo o suporte oferecido na EIT, pelas viagens em Taupo e por me emprestar a bicicleta de ciclismo durante seis meses para treinar na NZ.

A todos os ciclistas que fizeram parte dos estudos realizados na NZ em especial a William Green, Ben Ross, Josh Page, Nicolas Monroy, Kent Wilson, Gary Hall e Kerri-Anne Page.

A Phillip Shambrook pela amizade, companhia, ensinamentos da língua inglesa e auxílio na coleta de dados.

A todos os membros da banca, por aceitarem a avaliar este trabalho e pelas contribuições realizadas na qualificação.

Ao Prof. Dr. Fabrizio Caputo e ao CEFID/UDESC pelo empréstimo do ciclo-ergômetro Velotron.

Ao Prof. Dr. Jorge Roberto Perroux de Lima, meu primeiro Orientador. Muito obrigado Jorge, tudo começou com a iniciação científica na graduação em 2001.

Ao Prof. Dr. Fernando Roberto de Oliveira, meu Orientador de Especialização e Mestrado. Obrigado por me desenvolver o senso crítico ponderado nas minhas leituras e observações perante a vida.

Aos amigos José Murillo da Serra Costa Neto e Rodrigo Gerlach Rila que sempre me ajudaram em todos os momentos na NZ desde o início, além dos excelentes momentos de lazer.

Ao amigo Kristopher Mendes de Souza por todas as parcerias nos estudos nos últimos anos, obrigado por abrir as portas da pesquisa novamente em 2009.

Ao amigo Ricardo Dantas de Lucas pelas parcerias nos estudos e lazer, pelas conversas sobre treinos, esporte, enfim, sobre a vida, obrigado pela sua sincera amizade.

Ao amigo Lorival José Carminatti por todas as parcerias, conversas em todos os assuntos e pela amizade. Tive o prazer cursar o Mestrado ao seu lado e também no Doutorado sob a mesma Orientação. Obrigado Carminatti por também contribuir e revisar esta obra.

A todos da pós-graduação, do LAEF e BIOMEC obrigado pelos momentos de convivência e aprendizado. Em especial, Fran, Juliano, Jolmerson, Naiandra, Camila, Lucas Loyola, Mariana, Ortiz, Anderson, Paulo Cesar, Pablo, Daiane, Priscila, Patrícia, Elisa, Jonathan, Tati, Dani, Juliano Dal Pupo, Diogo e Bruno Moura. Muito obrigado ao Anderson, Paulo Cesar e Bruno Moura por me ensinarem alguns procedimentos de estatística tradicional.

A querida Dona Rose, por toda a convivência, por ser sempre tão prestativa no dia-a-dia do laboratório e pelos cafés e alfajor.

Ao meu ex-treinador e amigo Prof. Esp. Robson Aloísio Alfredo Silva, por ter me ensinado a treinar e competir no *mountain bike*. Os treinos que eu prescrevo, inclusive esta Tese, são baseados nos princípios que você me ensinou.

A EIT por todo o suporte nos projetos realizados e pela confiança no meu trabalho.

A Capes pelo auxílio financeiro nos anos de Doutorado no Brasil e na NZ.

Ao PPGEF/CDS/UFSC pelo auxílio financeiro em eventos no exterior.

A UFSC e ao CDS.

RESUMO

O objetivo principal deste estudo foi verificar a influência de um bloco semanal de treinamento intervalado de alta intensidade nos índices fisiológicos e no desempenho aeróbio de ciclistas competitivos. Além disso, buscou-se verificar os efeitos desse protocolo na potência exercida durante a simulação de uma prova de contra-relógio no ciclismo. Por fim, analisar e comparar o comportamento da potência durante as sessões de treinamento intervalado no ciclo-ergômetro. 20 ciclistas competitivos (consumo máximo de oxigênio (VO_2max) ~ 61 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) foram separados em dois grupos com 10 atletas cada: 1) *crash training* (CT) e 2) controle (C). Os ciclistas do CT realizaram quatro sessões de testes físicos (duas pré e duas pós-treinamento). O treinamento físico consistiu em um bloco semanal de treinamento intervalado de alta intensidade durante 7 dias consecutivos. As sessões de treino apresentavam 10 sets com *sprints* de 15, 30 e 45 s nesta seqüência, totalizando 30 *sprints* por sessão de treinos. Os *sprints* foram separados por um período de descanso 5 vezes maior que o esforço. Após uma semana do término do treinamento, os ciclistas aumentaram a potência aeróbia máxima ($P_{\text{máx}}$), limiar anaeróbio individual (IAT), *onset blood lactate accumulation* (OBLA), economia (EC), eficiência bruta (EB) e a potência média no contra-relógio de 20 km em 5,6%; 5,2%; 3,8%; 3,4%; 3,4% e 3,9%; respectivamente. Os efeitos percentuais foram maiores após duas semanas do fim da intervenção (7,6%; 5,5%; 4,5%; 3,9%; 4,5% e 6,9%; respectivamente; bem como o VO_2max = 4,6%). O comportamento da potência durante o contra-relógio mostrou que após o treinamento físico, os ciclistas aumentaram a potência nos primeiros 10 km de prova e nos instantes finais. Além disso, os resultados demonstraram que os ciclistas mantiveram os valores de potência pico e média ao longo dos dias de treino. Portanto, o presente estudo demonstrou que utilizar um bloco semanal de treinamento intervalado de alta intensidade em um grupo de ciclistas treinados, é uma nova estratégia de treinamento que promove aumentos significativos em diversos índices fisiológicos e a *performance* aeróbia. Estes resultados apresentam aplicações práticas relevantes pois é possível obter ganhos de *performance* em ciclistas com apenas poucos dias de treinamento físico e um período curto de recuperação.

Palavras-chave: ciclismo, *crash training*, treinamento físico, desempenho, *overreaching*.

ABSTRACT

The main aim of this study was to verify the effects of a block-week of high intensity interval training on physiology and performance in competitive cyclists. The secondary aim was to compare the effects of this training protocol on power profile during a simulated cycling time trial. Furthermore, analyze and compare the power behavior during training sessions on cycle-ergometer. 20 competitive cyclists (maximal oxygen uptake ($VO_2\text{max}$) $\sim 61 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) were separated in two groups with 10 athletes each: 1) crash training (CT); 2) control (C). CT cyclists performed four sessions of physical tests (two pre and two post-training). The physical training was a block-week of high intensity interval training during seven days in a row. Cyclists performed 10 sets each with 15, 30, and 45 s sprints. Cyclists performed 30 sprints in the end of each training session. The sprints were separated by a rest period five times higher than the sprint. One week after finish the training, cyclists increased their peak power output ($P_{\text{máx}}$), individual anaerobic threshold (IAT), onset blood lactate accumulation (OBLA), economy (EC), gross efficiency (EB) and 20 km time trial mean power by 5,6%; 5,2%; 3,8%; 3,4%; 3,4% e 3,9%; respectively. The percentage effects increased more after two weeks of the end of training (7,6%; 5,5%; 4,5%; 3,9%; 4,5% e 6,9%; respectively; as well as $VO_2\text{max} = 4,6\%$). After complete the training program, the power behavior during the time trial showed that cyclists enhanced the power output on the first 10 km and in the final meters of the trial. Moreover, cyclists maintain the peak and mean power output during the days of training. Therefore, the present study demonstrated that a block-week of high intensity interval training is a new training strategy that promotes significant enhancements in several physiological markers and performance in a group of already trained cyclists. The practical applications from our data is relevant since cyclists can achieve high gains in performance with only a short period of high intensity training and short recovery period.

Keywords: cycling, crash training, physical training, performance, overreaching.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Modelo simplificado sobre adaptações moleculares provenientes do treino intenso e de longa duração | 37 |
| Figura 2 - Contribuição aeróbia e anaeróbia durante a corrida em máxima velocidade nas distâncias de 100 a 3000m..... | 39 |
| Figura 3 - Modelo de super-compensação modificado por Bompa..... | 42 |
| Figura 4 - Desenho experimental do grupo que realizou o treinamento físico..... | 48 |
| Figura 5 - Percurso do teste de contra-relógio no ciclismo..... | 52 |
| Figura 6 - Resumo do treinamento físico..... | 53 |
| Figura 7 - Comportamento da potência média pré e pós-treinamento no contra-relógio do grupo controle (C). | 64 |
| Figura 8 - Comportamento da potência média pré e pós-treinamento no contra-relógio do grupo <i>crash training</i> (CT). | 65 |
| Figura 9 - Valores médios da potência pico (PP) e potência média (PM) das sessões de treino | 65 |
| Figura 10 - Valores médios da potência pico (PP) e dos <i>sprints</i> de 15, 30 e 45 segundos nas sessões de treino | 66 |
| Figura 11 - Valores médios da potência média (PM) e dos <i>sprints</i> de 15, 30 e 45 segundos nas sessões de treino | 67 |
| Figura 12 - Comportamento dos valores médios da potência pico (PP) em cada set ao longo das sessões de treino | 68 |
| Figura 13 - Comportamento dos valores médios da potência media (PM) em cada set ao longo das sessões de treino | 68 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Estudos sobre os efeitos do treinamento intervalado sub-máximo (TIsup) em ciclistas treinados | 26 |
| Tabela 2 - Estudos sobre os efeitos do treinamento intervalado máximo (TImáx) em ciclistas treinados | 30 |
| Tabela 3 - Estudos sobre os efeitos do treinamento intervalado supra-máximo (TIsup) em ciclistas treinados | 32 |
| Tabela 4 - Idade e variáveis antropométricas provenientes dos atletas . | 57 |
| Tabela 5 - Variáveis máximas provenientes dos testes incrementais do grupo controle (C). | 58 |
| Tabela 6 - Variáveis sub-máximas provenientes dos testes incrementais do grupo controle (C). | 58 |
| Tabela 7 - Variáveis máximas provenientes dos testes incrementais pré-treinamento do grupo <i>crash training</i> (CT). | 59 |
| Tabela 8 - Variáveis sub-máximas provenientes dos testes incrementais pré-treinamento do grupo <i>crash training</i> (CT). | 59 |
| Tabela 9 - Variáveis máximas provenientes dos testes incrementais pré e pós-treinamento do grupo <i>crash training</i> (CT). | 60 |
| Tabela 10 - Variáveis sub-máximas provenientes dos testes incrementais pré e pós-treinamento do grupo <i>crash training</i> (CT). | 61 |
| Tabela 11 - Percentual de mudanças e <i>effect size</i> pré e pós-treinamento entre o grupo <i>crash training</i> (CT) e controle (C). | 62 |
| Tabela 12 - Variáveis provenientes do contra-relógio de 20 km do grupo controle (C). | 63 |
| Tabela 13 - Variáveis provenientes do contra-relógio de 20 km do grupo <i>crash training</i> (CT). | 63 |
| Tabela 14 - Variáveis provenientes do contra-relógio pré e pós-treinamento do grupo <i>crash training</i> (CT). | 63 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------------------------------|---|
| β | Capacidade de tamponamento muscular |
| 3HCoA | 3-hidroxi-CoA desidrogenase |
| ADP | Difosfato de adenosina |
| AMP | Monofosfato de adenosina |
| AMPK | AMP quinase |
| ATP | Trifosfato de adenosina |
| C | Grupo controle |
| CTA | Capacidade de trabalho anaeróbio |
| CHOox | Oxidação de carboidratos |
| Cl ⁻ | Íons cloreto |
| CR | Contra-relógio |
| CS | Citrato cintase |
| CT | Grupo <i>crash training</i> |
| EC | Economia |
| EB | Eficiência bruta |
| ES | <i>Effect size</i> |
| FC | Frequência cardíaca |
| FCmáx | Frequência cardíaca máxima |
| %FCmáx | Percentual da frequência cardíaca máxima |
| %G | Percentual de gordura |
| H ⁺ | Íons hidrogênio |
| HK | Hexoquinase |
| IAT | Limiar anaeróbio individual |
| IC | Intervalo de confiança |
| IMP | Monofosfato de inosina |
| K ⁺ | Íons potássio |
| LV | Limiar ventilatório |
| MF | Mediana da frequência |
| Na ⁺ | Íons sódio |
| NH ₄ ⁺ | Amônia |
| OBLA | <i>Onset blood lactate accumulation</i> |
| PFK | Fosfofrutoquinase |
| PGC1-alpha | <i>Peroxisome proliferator-activated receptor-y coactivator-1-alpha</i> |
| Pi | Fosfato inorgânico |
| Pmáx | Potência aeróbia máxima |
| PM | Potência média |
| Pós | Pós treinamento |
| PP | Potência pico |

| | |
|----------------------|---|
| Pré | Pré treinamento |
| RMS | <i>Root mean square</i> |
| Tfam | Fator A de transcrição mitocondrial |
| TI | Treinamento intervalado |
| TIAI | Treinamento intervalado de alta intensidade |
| TISub | Treinamento intervalado sub-máximo |
| TImáx | Treinamento intervalado máximo |
| TIsup | Treinamento intervalado supra-máximo |
| T _{lim} | Tempo de exaustão na intensidade do consumo |
| máximo de oxigênio | |
| VE | Ventilação |
| VE _{máx} | Ventilação máxima |
| VO ₂ | Consumo de oxigênio |
| VO ₂ max | Consumo máximo de oxigênio |
| VO ₂ pico | Consumo de oxigênio de pico |
| .kg ⁻¹ | Relativo a massa corporal |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1 | OBJETIVOS | 19 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 19 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 19 |
| 1.2 | JUSTIFICATIVA..... | 20 |
| 1.3 | HIPÓTESES | 22 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 23 |
| 2.1 | TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE | 23 |
| 2.1.1 | Treinamento intervalado sub-máximo (T_{sub}) | 24 |
| 2.1.2 | Treinamento intervalado máximo (T_{máx}) | 29 |
| 2.1.3 | Treinamento intervalado supra-máximo (T_{sup}) | 31 |
| 2.1.4 | Síntese do treinamento intervalado de alta intensida | 35 |
| 2.2 | ADAPTAÇÃO MOLECULAR DO T _{sup} | 36 |
| 2.3 | CONTRIBUIÇÃO AERÓBIA-ANAERÓBIA DURANTE T _{sup} | 38 |
| 2.4 | OVERREACHING FUNCIONAL | 41 |
| 2.5 | PERIODIZAÇÃO EM BLOCOS | 42 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 47 |
| 3.1 | SUJEITOS..... | 47 |
| 3.2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 47 |
| 3.3 | INSTRUMENTOS DE MEDIDA..... | 48 |
| 3.4 | PROTOCOLOS E AVALIAÇÕES..... | 50 |
| 3.4.1 | Avaliação antropométrica | 50 |
| 3.4.2 | Teste incremental | 50 |
| 3.4.3 | Economia e eficiência bruta | 51 |
| 3.4.4 | Teste de <i>performance</i>: contra-relógio no ciclismo | 51 |
| 3.5 | TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE..... | 52 |
| 3.6 | ANÁLISE ESTATÍSTICA | 54 |
| 4 | RESULTADOS | 57 |
| 4.1 | AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA | 57 |
| 4.2 | TESTE INCREMENTAL | 57 |
| 4.2.1 | Grupo controle | 57 |
| 4.2.2 | Grupo <i>crash training</i> | 58 |
| 4.3 | TESTE DE PERFORMANCE: CONTRA-RELÓGIO NO CICLISMO | 62 |
| 4.3.1 | <i>Pacing</i> durante o contra-relógio pré e pós treinament | 64 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 4.4 | RESPOSTA DA POTÊNCIA DURANTE AS SESSÕES DE TREINO | 65 |
| 5 | DISCUSSÃO | 69 |
| 5.1 | TESTE INCREMENTAL | 69 |
| 5.1.1 | Consumo máximo de oxigênio e potência aeróbia máxima | 69 |
| 5.1.2 | Limiares de lactato | 73 |
| 5.1.3 | Economia e eficiência bruta..... | 76 |
| 5.2 | TESTE DE PERFORMANCE | 79 |
| 5.2.1 | Contra-relógio no ciclismo..... | 79 |
| 5.2.2 | Alterações de pacing no contra-relógio | 80 |
| 5.3 | RESPOSTA DA POTÊNCIA DURANTE AS SESSÕES DE TREINO | 82 |
| 6 | CONCLUSÃO | 85 |
| | REFERÊNCIAS..... | 87 |

1 INTRODUÇÃO

No ciclismo, os métodos de treinamento contínuo e intervalado são utilizados em diversas fases da periodização para o aprimoramento da condição fisiológica, assim como do desempenho esportivo (LAURSEN et al., 2010). O treinamento contínuo se caracteriza pela realização de esforços de longa duração e baixa intensidade, normalmente este método é utilizado com frequência durante a fase básica da preparação física (PATON; HOPKINS, 2004). Por outro lado, o treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI) é caracterizado por diversas combinações de repetições entre estímulos e pausas, sendo este método utilizado predominantemente em período pré-competitivo e competitivo da temporada (PATON; HOPKINS, 2004). O TIAI tem sido considerado como um dos métodos mais eficientes para aprimorar o desempenho de ciclistas (LAURSEN; JENKINS, 2002). Assim, nos últimos anos tem sido crescente o interesse acadêmico-científico sobre o entendimento dos efeitos do TIAI sob as adaptações fisiológicas, enzimáticas, neuromusculares e conseqüentemente no desempenho esportivo (ROSS; LEVERITT, 2001; CREER et., 2004; GIBALA; MCGEE, 2008; BUCHEIT; LAURSEN, 2013).

O TIAI é caracterizado por repetições de duração relativamente curtas (i.e. < 5 min), realizados em intensidade alta (i.e. > 85% VO₂max) ou supra-máxima (i.e. *all out*) intercalados por períodos de recuperação ativa ou passiva (BILLAT, 2001a). Um modelo interessante que tem sido estudado é o TIAI na forma de *sprints* (BURGOMASTER et al., 2005; COYLE; 2005; GIBALA et al., 2006; GIBALA; MCGEE, 2008; BUCHEIT; LAURSEN, 2013). Este modelo de TIAI parece atraente pois com apenas seis sessões de treinamento realizadas dentro de duas semanas tem demonstrado promover a melhora no potencial oxidativo da musculatura envolvida (BURGOMASTER et al., 2005; GIBALA et al., 2006; GIBALA; MCGEE, 2008). O modelo utilizado por estes estudos consistiu de quatro a seis esforços supra-máximos de 30 s de duração com 5 min de recuperação passiva e acumulava em torno de 15-30 min de duração total em cada sessão. Algo interessante proveniente deste modelo de TIAI em forma de *sprints* é a significativa participação do metabolismo anaeróbio durante os esforços concomitantemente com maior recrutamento de fibras musculares do tipo II, e ainda assim, promover adaptações aeróbias similares ou superiores ao modelo tradicional de prescrição de treinamento contínuo para indivíduos sedentários (JACOBS et al., 1987; MACDOUGALL et al., 1998; BURGOMASTER et al., 2008; GIBALA; MCGEE, 2008).

A elevação da aptidão aeróbia após sessões de treinamento contínuo de baixa a moderada intensidade é evidente em sujeitos não treinados (JONES; CARTER, 2000). No entanto, parece que esse mesmo tipo de treinamento não é suficiente para acarretar adaptações fisiológicas em sujeitos treinados (LAURSEN; JENKINS, 2002). Neste sentido, alguns pesquisadores acreditam que o aumento da intensidade, como sugerido no TIAI de *sprints*, possa aumentar significativamente o desempenho (LAURSEN; JENKINS, 2002). No entanto, existe uma notória carência de informações científicas referentes ao TIAI (intensidade, duração e recuperação) que possa proporcionar o aumento no desempenho de atletas que já são treinados durante as diferentes fases de treinamento de uma temporada. Algumas evidências sugerem que a frequência de execução do TIAI a fim de proporcionar ganhos no desempenho aeróbio deve ser de 6 a 12 sessões de treino ao longo de sucessivas semanas em um programa de treinamento para ciclistas treinados (PATON; HOPKINS, 2004).

Uma seqüência de estímulos utilizando o método contínuo e/ou intervalado, a partir de sessões concentradas em um período agudo (i.e. 1-2 semanas consecutivas) tem sido denominada de *crash training* (BOMPA, 2009) ou simplesmente de periodização em blocos (BREIL et al., 2010; ISSURIN, 2010). Estes consecutivos estímulos de treinamento normalmente resultam em uma grande sobrecarga fisiológica e possivelmente uma queda no desempenho nos dias subsequentes ao treinamento devido à recuperação incompleta entre as sessões (MEEUSEN et al., 2006).

De fato, se torna interessante induzir os atletas ao *overreaching* em alguns períodos do treinamento, no entanto, o excesso de estímulos por períodos prolongados, seguindo de recuperações incompletas, podem induzir ha um estado prejudicial mais avançado caracterizado pelo *overtraining* (MEEUSEN et al., 2006). Quando seguido por um período de recuperação adequado o *crash training* pode promover a supercompensação ao organismo e elevar o nível de desempenho, acima dos níveis já alcançados pelo treinamento que vinha sendo realizado (MEEUSEN et al., 2006; BOMPA, 2009; BREIL et al., 2010).

JEUKENDRUP et al. (1992) demonstraram uma melhora significativa no desempenho de ciclistas treinados após um período de recuperação de duas semanas precedido por duas semanas de treinamentos concentrados e intensos. Recentemente, alguns estudos vêm demonstrando que um período curto de treinamento realizado na forma de blocos de alta intensidade aumentou os limiares fisiológicos, consumo máximo de oxigênio (VO_2max) e a *performance* em

esquiadores (BREIL et al., 2010) e ciclistas (RØNNESTAD et al., 2012a,b). Sendo assim, parece que este modelo conhecido como *crash training*, embora ainda tenha sido pouco investigado em ciclistas apresenta indícios de melhorar o desempenho desde que o período de recuperação posterior seja adequado, podendo assim ser um método de treinamento viável para atletas de alto rendimento que se encontram em uma possível estagnação no desempenho e buscam alcançar níveis mais elevados de adaptação orgânica.

Além disso, ao utilizar o *crash training*, os ganhos de *performance* são observados durante um período muito curto de treinamento (BREIL et al., 2010) isto se torna uma estratégia importante para atletas que desejam elevar a sua *performance* rapidamente ou próximo a uma competição alvo.

De um modo geral, existe carência de fundamentação científica mais robusta na literatura em relação aos prováveis efeitos provenientes deste novo modelo de treinamento intenso e concentrado em ciclistas competitivos de alto rendimento. Além disso, não se conhece os mecanismos fisiológicos que explicam os efeitos do *crash training* nos índices fisiológicos e no desempenho aeróbio. Sendo assim, a presente proposta tem como objetivo principal verificar a influência do *crash training* sobre índices fisiológicos e o desempenho de ciclistas competitivos treinados. Como objetivos secundários, verificar o comportamento do *pacing* durante o desempenho e a potência durante as sessões de *crash training*.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Verificar a influência de um bloco semanal de treinamento intervalado de alta intensidade (*crash training*) nos índices fisiológicos e no desempenho aeróbio de ciclistas competitivos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Verificar os efeitos do *crash training* nas seguintes variáveis: consumo máximo de oxigênio (VO_2max), potência aeróbia máxima ($P_{máx}$), limiar anaeróbio individual (IAT), *onset blood lactate accumulation* (OBLA), economia (EC) e eficiência bruta (EB) de pedalada, e desempenho na prova simulada de contra-relógio de 20 km no ciclismo.

Verificar os efeitos do *crash training* no *pacing* durante o contra-relógio de 20 km no ciclismo.

Analisar e comparar o comportamento da potência pico (PP) e potência média (PM) durante as sessões de treino intervalado de alta intensidade no ciclo-ergômetro.

1.2 JUSTIFICATIVA

Apesar da evolução dos métodos de preparação física no ciclismo nos últimos anos, ainda existe uma lacuna sobre a influência de diferentes modelos de treinamento no desempenho de ciclistas competitivos nas diversas fases de um programa de treinamento. Alguns estudos sugerem que o treinamento intervalado de alta intensidade pode apresentar melhorias significativas na P_{máx}, no VO₂max, limiares fisiológicos e eficiência em ciclistas treinados (LINDSAY et al., 1996; LAURSEN et al., 2005; HOPKER et al., 2009). No entanto, dentre os estudos investigados existe a carência de grupo experimental controle, ampliação do número de sujeitos e controle do treinamento paralelo realizado pelos atletas.

Compreender o treinamento pode colaborar para a determinação de referências a serem alcançadas por atletas e/ou elaboração de objetivos realistas em médio/longo prazo, de acordo com os modelos do treinamento desportivo contemporâneo. Neste sentido, a análise específica por meio da resposta da potência realizada nos treinamentos e competições de ciclismo demonstra que o esporte é intermitente com grande variação de intensidade (FERNÁNDEZ-GARCÍA et al., 2000; VOGT et al., 2006). As propostas de treinamento intervalado estudadas até o presente momento, foram realizadas com estímulos de duração, intensidade e intervalo de recuperação fixos, sendo negligenciada a característica de diversos estímulos de intensidades e recuperação variável. Sendo assim, o treinamento de alta intensidade realizado em diferentes intensidades, duração de esforços e pausas, é mais específico a realidade prática do esporte. Até o momento, apenas um estudo em ciclistas apresenta estas características durante a sessão de treinos (HOPKER et al., 2009) mas não foi proposto na forma de bloco semanal.

Existem indícios que os efeitos do *crash training* apresentam melhoras nos parâmetros fisiológicos e na performance no ciclismo após um período de recuperação adequado (HALSON et al., 2004; ROONESTAD et al., 2012a,b; STOREN et al., 2012). Estes estímulos de treinamento resultam em um declínio acentuado nas variáveis

fisiológicas, maior que o promovido pelo treinamento que estava sendo realizado, devido ao intensivo período de treinamento consecutivo e recuperação incompleta (JEUKENDRUP et al., 1992; MEEUSEN et al., 2006; BREIL et al., 2010). Quando seguido por um período de recuperação adequado, normalmente em duas semanas, o *crash training* pode promover a super-compensação ao organismo, acima do nível esperado pelo tradicional treinamento intervalado, e elevar o nível de desempenho (JEUKENDRUP et al., 1992; MEEUSEN et al., 2006; BREIL et al., 2010). Neste sentido, o *crash training* parece ser um modelo de treinamento interessante para atletas treinados ou que se encontram em um nível de estagnação na *performance* e buscam alcançar um nível mais elevado de adaptação orgânica.

Nos últimos anos tem sido crescente as investigações sobre os efeitos do TIAI realizado em intensidade *all out* na *performance* aeróbia (GIBALA et al., 2006; GIBALA; MCGEE, 2008). Este fato se torna interessante pois um método de treinamento com grande participação anaeróbia aumenta o potencial oxidativo (JACOBS et al., 1987; MACDOUGALL et al., 1998). Além disso, verificou-se que o TIAI realizado em período de tempo extremamente curto (~ 30 min a sessão de treino) promove ganhos nos índices aeróbios semelhantes aos promovidos pelo tradicional e longo treinamento aeróbio ~ 120 min (BURGOMASTER et al., 2008). O *crash training* proposto neste estudo é um método que envolve esforços de intensidade *all out*, que ainda não tinha sido proposto nos outros estudos sobre os efeitos do *crash training* em atletas. A sessão de treino acumulado em alta intensidade está aproximadamente em 15 min e a sessão total de treino em 90 min. A sessão de *crash training* no presente estudo apresenta a duração menor que o treinamento aeróbio de 2-4 horas por sessão de treino realizado por ciclistas competitivos (GUELICH; SEILER; 2010). Nestes sentido, adaptações fisiológicas, neuromusculares, enzimáticas e moleculares podem estar presentes em ciclistas treinados que realizam alto volume de treino, sendo que o *crash training* sendo mais curto, talvez seja um estratégia de treinamento interessante para promover outras adaptações aos atletas. Portanto, além de ser uma sessão de treino relativamente curta para ciclistas, também é um método indicado para obter ganhos de *performance* em poucos dias pois o treinamento é realizado na forma de um bloco semanal e a recuperação em duas semanas.

Portanto, apesar de ter sido pouco investigado em ciclistas treinados o *crash training* parece ser um método de treinamento alternativo mas que necessita de investigações referentes aos efeitos de treinamento, resposta aguda das sessões de treino e futuramente

mecanismos fisiológicos que buscam compreender os possíveis aumentos de *performance*.

1.3 HIPÓTESES

H1: Os índices fisiológicos e o desempenho no contra-relógio de 20 km no ciclismo serão maiores após o *crash training*.

H2: O *pacíng* será alterado com os valores da potência maiores durante todo o contra-relógio de 20 km após o *crash training*.

H3: A PP e PM irão diminuir durante as sessões de treino sendo maior no início e menor no final. Ao longo dos dias de treino a PP e a PM serão menores nos últimos dias.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE

O objetivo principal do treinamento físico é proporcionar ao atleta adaptações fisiológicas e metabólicas que aumentem o seu nível de *performance* (BORRESEN, LAMBERT; 2009). A manipulação da intensidade e da duração dos estímulos de exercício juntamente com o modo e a duração dos intervalos de recuperação altera as participações relativas dos sistemas energéticos nas contrações musculares (HOLLOSZY; COYLE, 1984). Em resposta ao treinamento, as adaptações ocorrem em nível central e periférico, melhorando o funcionamento na dinâmica cardiovascular, do padrão de recrutamento neural, nos aspectos bioenergéticos e no equilíbrio ácido-básico muscular (HAWLEY; STEPTO, 2001; JONES; CARTER, 2000; LAURSEN; JENKINS, 2002). A magnitude destas adaptações é variável e parece depender do volume, da intensidade e da frequência de treinamento (LAURSEN; JENKINS, 2002; KUBUKELI et al., 2002; LAURSEN, 2010; BILLAT et al., 2001a; BILLAT et al., 2001b)

Em indivíduos não treinados os efeitos decorrentes do treinamento já são bem destacados (JONES; CARTER, 2000), sendo que os métodos de treinamento que auxiliam na melhora do desempenho esportivo nestas pessoas, podem não necessariamente serem efetivos para atletas de alto nível (LAURSEN; JENKINS, 2002). De fato, em atletas altamente treinados, o aumento no volume de treinamento parece não aumentar a *performance* aeróbia ou variáveis fisiológicas associadas ao sistema aeróbio, como o $VO_2\text{max}$, limiares fisiológicos, economia de movimento e enzimas oxidativas (HAWLEY; STEPTO, 2001; LAURSEN; JENKINS, 2002; LAURSEN, 2010).

Entretanto, apesar do treinamento contínuo ser importante para melhorar as variáveis fisiológicas associadas ao metabolismo aeróbio e a *performance*, o TIAI, realizado com a repetição de estímulos curtos (i.e. *sprints*) ou mais prolongados (i.e. 85% $VO_2\text{max}$, ou acima) de alta intensidade separados por um período ativo ou passivo de recuperação parece ser fundamental para manter as adaptações fisiológicas e conseguir ganhos na *performance* aeróbia em atletas já treinados (BILLAT et al., 2001a; LAURSEN, 2010).

O principal objetivo do TIAI é estressar repetidamente os sistemas fisiológicos do atleta conduzindo a um maior desgaste se comparado ao treinamento de carga contínua (BILLAT et al., 2001a; LAURSEN; JENKINS, 2002). Sendo assim, as diversas combinações

possíveis entre a intensidade, a duração e o número de repetições dos estímulos, assim como o tipo (ativa ou passiva) e a duração da recuperação entre os estímulos, possibilita o envolvimento dos diferentes sistemas energéticos, sendo que a manipulação destes fatores varia de acordo com os objetivos e a periodização de um treinamento. Devido a variedade de tipos de TIAI propostos na literatura (BILLAT et al., 2001a; BILLAT et al., 2001b; LAURSEN; JENKINS, 2002; SEILER et al., 2013; SLOTH et al., 2013), com aplicação a ciclistas treinados (PATON; HOPKINS; 2004), entende-se que seja importante conduzir uma revisão bibliográfica a fim de detectar e discutir os seus potenciais adaptativos. Com este tipo de abordagem pode-se melhorar o conhecimento científico a cerca do TIAI, especialmente para treinadores e atletas da modalidade em questão, assim como para futuras pesquisas conduzidas com ciclistas bem treinados.

Em relação aos critérios de classificação do TIAI, Billat et al. (2001a,b) em extensa revisão sobre as diferentes combinações sobre o TIAI em corredores, classificam este tipo de treinamento como aeróbio e anaeróbio. Já em ciclistas e outros atletas de modalidades individuais, o TIAI tem sido classificado em três tipos que são: sub-máximo, máximo, e supra-máximo; onde o termo máximo se refere à intensidade correspondente ao $VO_2\max$ (PATON; HOPKINS; 2004). Sendo assim, no presente estudo os modelos de TIAI foram classificados de acordo com a proposta de Paton e Hopkins (2004): 1) sub-máximo (TISub); 2) máximo (TIMáx); e 3) supra-máximo (TIsup).

2.1.1 Treinamento intervalado sub-máximo (TISub)

O TISub consiste na composição de estímulos realizados em intensidade próxima ao limiar de lactato ou máxima fase estável de lactato, ou seja, entre 80 e 85% da potência aeróbia máxima ($P_{máx}$). A duração dos estímulos normalmente varia entre 3-12 min, combinados com curtos períodos de recuperação (30-120 s) (LINDSAY et al., 1996; HAWLEY et al., 1997; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997; STEPTO et al., 1999; SWART et al., 2009).

O TISub com estas características tem como principais objetivos o aumento da capacidade aeróbia e conseqüentemente da *performance* em competições de *endurance* (ex: provas contra-relógio com distâncias entre 15 e 40 km) (LAURSEN; JENKINS, 2002). No entanto, além do aumento na capacidade aeróbia, este tipo de treinamento tem demonstrado também aumentar a $P_{máx}$ (LINDSAY et al., 1996; HAWLEY et al., 1997; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997;

WESTON et al., 1997; STEPTO et al., 1999; SWART et al., 2009) e o $VO_2\text{max}$ (SWART et al., 2009) em ciclistas treinados.

Uma característica importante do TSub é a recuperação entre os estímulos, que apresentam normalmente uma duração inferior ao tempo de esforço (Tabela 1). Um período de recuperação curto entre os estímulos pode reduzir a participação da glicólise anaeróbia e, como consequência, aumentar a participação aeróbia (GAITANOS et al., 1993). Desta forma, a utilização do TSub para atletas de *endurance* busca predominantemente adaptações referentes ao metabolismo oxidativo, mais especificamente sobre os diferentes índices fisiológicos relativos à capacidade potência aeróbia. Entretanto, é importante ressaltar que a magnitude de aumento destas variáveis e da *performance* parece depender diretamente da intensidade e da duração dos estímulos juntamente com a duração dos intervalos de recuperação (LAURSEN, 2010).

Na tabela 1 pode-se verificar diferentes pesquisas sobre os efeitos do TSub em ciclistas competitivos. Em um dos estudos pioneiros realizados com ciclistas bem treinados, Lindsay et al. (1996) verificaram aumentos significativos na $P_{\text{máx}}$ e na *performance* após um modelo de TSub, com 8 ciclistas bem treinados. O treinamento foi conduzido durante 4 semanas (total de 6 sessões), sendo que cada sessão foi composta por 6-8 repetições de 5 min a 80% $P_{\text{máx}}$ com períodos de 1 min de recuperação. Após o período de treinamento, houve melhora significativa da $P_{\text{máx}}$ (4,3 %; $p < 0,01$), da *performance* no contrarrelógio de 40 km (CR40km) (3,6 %; $p < 0,0001$) e no tempo de exaustão (T_{lim}) a 150% $P_{\text{máx}}$ (19,8 %; $p < 0,01$). Interessantemente, o aumento no T_{lim} a 150% $P_{\text{máx}}$ foi evidente logo após duas semanas de treinamento. Assim, constatou-se que poucas sessões de TSub foram suficientes para melhorar significativamente o desempenho destes ciclistas (LINDSAY et al., 1996). No entanto, é importante ressaltar que o estudo foi conduzido no final do período da preparação básica da temporada, onde naturalmente espera-se que os atletas tenham uma maior capacidade de melhora no desempenho se comparado ao período específico ou competitivo.

Tabela 1. Estudos sobre os efeitos do treinamento intervalado sub-máximo (TIsb) em ciclistas treinados.

| Referência | Repe | Int | Dur | Rep | Sem | Resultados |
|---------------------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------------|-----|---|
| Lindsay et al., (1996) | 6-8 | 80% | 5 min | 60 s | 4 | ↑Pmáx, ↑Tlim, ↑CR40km |
| Weston et al., (1997) | 6-8 | 80% | 5 min | 60 s | 4 | ↑Pmáx, ↑Tlim, ↑CR40km, ↑β, ↔: HK, PFK, CS, 3HCoA |
| Westgarth-Taylor et al., (1997) | 6-9 | 80% | 5 min | 60 s | 6 | ↑Pmáx, ↑CR40km, ↓CHOox |
| Hawley et al., (1997) | 6-9 | 80% | 5 min | 60 s | 7 | ↑Pmáx, ↑CR40km |
| Stepito et al., (1999) | 8 | 85% | 4 min | 90 s | 3 | ↑Pmáx, ↑CR40km |
| | 4 | 80% | 8 min | 60 s | 3 | ↔ |
| Swart et al., (2009) | 8 | 80% | 4 min | 90 s | 4 | ↑Pmáx, ↑CR40km, |
| | Sessão 1: 3-5 | OBLA + 5 bpm | 4 min | 4 min | | |
| Hoopker et al., (2010) | | | | | 6 | ↑Economia |
| | Sessão 2: 3-5 | Max | 40/30/ 20/10s | 3 min/ 30/20/ 10 s | | |

Pmáx: potência aeróbia máxima, %: relacionado a Pmáx Tlim: tempo de exaustão; CR: contra-relógio; β: capacidade de tamponamento muscular, HK: hexoquinase, PFK: fosfofrutoquinase, CS: citrato sintase, 3HCoA: 3-hidroxi-CoA desidrogenase, CHOox: oxidação dos carboidratos; VO₂máx: consumo máximo de oxigênio. Repe: repetições; Int: intensidade; Dur: duração; Rep: repouso; Sem: semanas.

Em um outro estudo realizado com ciclistas competitivos, o mesmo grupo de autores verificaram que o programa de TIsb descrito acima proporcionou adaptações metabólicas e fisiológicas significativas, além de também aumentar a *performance* destes atletas (WESTON et al., 1997). Foi verificado que após as 4 semanas de treinamento os ciclistas apresentaram aumentos significativos na Pmáx (3,5%), na *performance* do CR40km (2,2%) e no Tlim a 150% Pmáx (22%). Além disso, houve um aumento na capacidade de tamponamento muscular com apenas 3 semanas de treinamento ($p < 0,05$), sendo que este aumento apresentou uma alta correlação com o tempo no CR40km ($r = -0,82$; $p < 0,05$), mostrando uma possível relação causal entre estas variáveis. Por outro lado, não foram verificadas alterações significativas

na atividade das enzimas glicolíticas hexoquinase (HK) e fosfofrutoquinase (PFK), e na atividade das enzimas oxidativas citrato sintase (CS) e 3-hidroxi-CoA desidrogenase (3HCoA). Sendo assim, os autores sugeriram que o aumento no desempenho aeróbio após um programa de TIsup pode estar relacionado com a capacidade do músculo em tamponar íons hidrogênio (H^+) sem modificar a atividade enzimática de ambos os sistemas energéticos glicolítico e oxidativo (WESTON et al., 1997).

Com um programa de TIsup bem semelhante ao realizado nos estudos anteriores (LINDSAY et al., 1996; WESTON et al., 1997), distinguindo apenas no volume de treinamento (12 sessões de 6-9 repetições de 5 min a 80% Pmáx com períodos de 1 min de recuperação durante 6 semanas), Westgarth-Taylor et al. (1997) encontraram alterações similares nos parâmetros fisiológicos e na *performance* de oito ciclistas competitivos. Após o período de intervenção, os ciclistas aumentaram significativamente a Pmáx (4,9 %; $p < 0,01$) e a *performance* no CR40km (2,5 %; $p < 0,05$). Além disso, foi observada uma diminuição significativa na taxa de oxidação dos carboidratos, concentração de lactato plasmático e ventilação pulmonar para a mesma intensidade absoluta de exercício (60%, 70% e 80% da Pmáx pré-intervenção). Por outro lado, houve um aumento na taxa de oxidação dos lipídios para as mesmas intensidades absolutas. Entretanto, quando os ciclistas se exercitaram nas mesmas intensidades relativas estas variáveis não foram alteradas (WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997).

Em um estudo envolvendo diferentes tipos de TIAI, Stepto et al. (1999) testaram os efeitos de 6 sessões de treino (totalizando 3 semanas) na *performance* de 20 ciclistas treinados. Dentre os 5 tipos de TIAI utilizados neste estudo, dois destes podem ser classificados como TIsup e estão representados na tabela 1. No TIsup composto por 8 estímulos de 4 min realizados a 85% Pmáx com 1,5 min de recuperação, os autores encontraram aumentos significativos da Pmáx (~3,5%) e da *performance* do CR40km (~2,8%). Por outro lado, o TIsup constituído de 4 estímulos de 8 min a 80% Pmáx com 1 min de recuperação foi insuficiente em promover aumentos significativos nestes parâmetros. Os diferentes resultados encontrados entre os dois tipos de TIsup podem estar associados um pouco mais com a intensidade e do que volume empregado em cada programa específico de treinamento (STEPTO et al., 1999).

Após esta seqüência de estudos de TIsup realizados em ciclistas treinados, apenas uma década adiante foi localizado outro estudo experimental. Swart et al. (2009) compararam os efeitos de dois

programas de T_{sub} sobre as respostas fisiológicas aeróbias máximas (VO₂max e P_{máx}) e sobre a *performance* de CR40km, em ciclistas treinados divididos em dois grupos. A intensidade das repetições foi controlada por critérios diferentes em cada grupo, sendo um controlado pela potência e outro pela frequência cardíaca (FC). Assim, o período experimental de 4 semanas (totalizando 8 sessões), foi desenhado a fim de atender a 80% P_{máx} (grupo 1) ou para FC correspondente a 80% P_{máx} (grupo 2). Em ambos os programas, os ciclistas desempenhavam por sessão 8 estímulos de 4 min com 1,5 min de recuperação. O principal achado foi que ambos os modelos de controle da intensidade promoveram melhora similares na P_{máx} e no CR40km. No entanto, foi encontrado um aumento significativo no valor de VO₂max apenas para o grupo monitorado pela FC. Sendo assim, os autores, ressaltam o uso de ambas as formas de controle do treinamento sendo enfatizado a utilização dos monitores de FC para a prescrição e controle do T_{sub} em ciclistas treinados (SWART et al., 2009).

Recentemente, Hopker et al. (2010) verificaram a influência do TIAI e do volume de treinamento na eficiência mecânica de ciclistas competitivos. Este estudo, apresenta um característica diferenciada dos demais no sentido de que o TIAI foi realizado em duas sessões de treino diferentes por semana, ou seja, T_{sub} e T_{máx}, ao longo de seis semanas. Além disso, os autores acrescentaram que TIAI foi adicionado ao treinamento já realizado pelos ciclistas, ou seja, os atletas realizavam o treino prescrito pelos treinadores com duas sessões extras de TIAI. A primeira sessão consistiu de 3-5 a estímulos de 4 min. de duração realizados na intensidade da FC correspondente ao OBLA + 5 bpm e separados por uma pausa de 4 min. A segunda sessão de treino consistia de duas etapas: 1) 3-5 *sprints* máximos de 40 s. separados por 3 min. de pausa; 2) *sprints* máximos de 30, 20 e 10 s. separados por pausas com a mesma duração. Os resultados indicaram significantes ganhos de eficiência bruta ($1,6 \pm 1,4\%$) após seis semanas de TIAI. Esses resultados parecem ser únicos até o presente momento visto que os estudos que indicam melhora na eficiência mecânica em ciclistas foram realizados através de acompanhamento longitudinal bastante extenso (SANTALLA et al., 2009). Além disso, os estudos que indicam melhora na economia em ciclistas foi através da adição do treinamento de força (SUNDE et al., 2010), mas não sobre efeitos do TIAI. Apesar de demonstrar melhora na eficiência mecânica, se torna difícil discriminar qual o tipo de TIAI seria mais efetivo (T_{sub} ou T_{máx}) pois ambos tipos de treino foram empregados no programa de treinamento (HOPKER et al., 2010). No entanto, o modelo de TIAI misto que foi

empregado se destacada devido a situações reais do ciclismo sendo que nas diversas modalidades a potência produzida é variável sendo os estímulos com característica mista (HOPKER et al., 2010).

Foram localizados sete estudos na literatura sobre os efeitos do T_{Sub} sobre as adaptações fisiológicas, metabólicas e desempenho de ciclistas competitivos. Nestes estudos, a grande maioria destaca os benefícios de poucas sessões de T_{Sub} em atletas treinados apesar de apenas o estudo mais recente de Swart et al. (2009) ter inserido um grupo controle no desenho experimental. De forma geral, dentre os resultados alcançados os ciclistas aumentaram significativamente a participação de enzimas glicolíticas e oxidativas, diminuíram a oxidação de carboidratos e aumentaram de lipídeos, melhoraram a capacidade de tamponamento muscular, P_{máx}, T_{lim}, CR40km; e em apenas um estudo o VO₂max. Portanto, parece que estímulos com a duração de aproximadamente 5 min. realizados na intensidade próxima a 80% da P_{max} com razão esforço/pausa de 5:1, durante um período de 3 a 6 semanas (6-12 sessões), promovem aumentos significativos nos indicadores de desempenho em ciclistas treinados e em eventos com duração aproximada de 1h (40 km).

2.1.2 Treinamento intervalado máximo (T_{Imáx})

O treinamento intervalado máximo (T_{Imáx}) tradicionalmente envolve estímulos baseado em qualquer esforço físico maior do que 1 minuto até 3 minutos de duração. Esses intervalos são geralmente conduzidos em intensidades variando entre 90-105% da P_{máx} com períodos de recuperação similar ou maior que o intervalo. O principal objetivo do T_{Imáx} é o desenvolvimento da intensidade referente a potência aeróbia máxima (BILLAT et al., 2001a).

Apenas quatro estudos foram encontrados sobre os efeitos do T_{Imáx} em ciclistas treinados (Tabela 2). Stepto et al. (1999) não encontraram melhora no desempenho de ciclistas treinados após seis sessões de treinamento ao longo de três semanas. Neste estudo dois grupos experimentais podem ser classificados como T_{Imáx}, em ambos os atletas realizaram 12 *sprints* de 1 e 2 min de duração, na intensidade correspondente a 90 e 100% da P_{máx}; e com período de recuperação de 3 e 4 min, respectivamente. A grande diferença do T_{Imáx} proposto pelos autores em comparação com os estudos prévios realizados com indivíduos não treinados, está na relação esforço/pausa que foi mais longa para os ciclistas treinados. Neste sentido, assim como discutido no T_{Sub}, especula-se que um período de recuperação mais reduzido possa

resultar em maior *stress* no sistema oxidativo permitindo assim aumento na *performance* aeróbia como verificado em indivíduos não treinados.

Tabela 2. Estudos os efeitos do treinamento intervalado máximo (TImáx) em ciclistas treinados.

| Referência | Repe | Int | Dur | Rep | Sem | Resultados |
|-------------------------|------|------|-------------|--------------|-----|---|
| Stepto et al., (1999) | 12 | 90% | 2 min | 3 min | 3 | ↔ |
| | 12 | 100% | 1 min | 4 min | 3 | ↔ |
| Laursen et al., (2002a) | 20 | 100% | 1 min | 2 min | 2 | ↑Pmáx, ↑LV, ↑Tlim |
| Laursen et al., (2002b) | 8 | 100% | 60% Tlim | 120% Tlim | 4 | ↑ Pmáx, ↑CR40km, ↑VO ₂ pico |
| | 8 | 100% | 60% Tlim | 65% FCmáx | 4 | ↑ Pmáx, ↑CR40km, ↑VO ₂ pico |
| Laursen et al., (2005) | 8 | 100% | 60% Tlim | 120% Tlim | 4 | ↑ Pmáx, ↑CR40km, ↑VO ₂ pico, ↑LV, ↑CTA |
| | 8 | 100% | 60% Tlim | 65% FCmáx | 4 | ↑ Pmáx, ↑CR40km, ↑VO ₂ pico, ↑LV, ↑CAn |

Pmáx: potência aeróbia máxima, %: relacionado a Pmáx; Tlim: tempo de exaustão; CR: contra-relógio; LV: limiar ventilatório; VO₂pico: consumo de oxigênio de pico; CTA: capacidade de trabalho anaeróbio; FCmáx: frequência cardíaca máxima.

Laursen et al. (2002b) verificaram os efeitos da adição de quatro sessões de TImáx no programa de treinamento em ciclistas treinados. Neste estudo, o treinamento físico foi composto por 20 estímulos de 1 min de duração realizados na Pmáx separados por pausas de 2 min ao longo de apenas duas semanas. Após o treinamento, os ciclistas aumentaram significativamente a Pmáx (4,3%), LV1 (22%) e LV2 (15%), sem aumentos significativos no VO₂max. Em outro estudo, Laursen et al. (2002b) verificaram os efeitos do TImáx nos índices fisiológicos e no desempenho de ciclistas treinados após quatro semanas de treinamento. Dois grupos experimentais foram classificados como TImáx, em ambos os ciclistas realizaram esforços na intensidade da Pmáx durante um período de tempo correspondente a 60% do Tlim na Pmáx, sendo que a principal diferença entre os grupos foram as pausas para a recuperação (120% do Tlim e 65% da FCmáx, respectivamente). Dentre os resultados alcançados, os autores destacaram que ambos os tipos TImáx aumentaram significativamente a Pmáx (4,7-6,2%) e o VO₂pico (5,4-8,1%), e diminuíram o tempo no CR de 40 km (5,1-5,8%),

sendo que os maiores aumentos foram encontrados após pausas com duração controlada pela recuperação da FC.

Após alguns anos mais tarde, Laursen et al. (2005) publicaram outro artigo verificando a influência do TIAI nas adaptações de ciclistas treinados. Dois grupos de ciclistas realizaram o TImáx: ambos realizaram esforços na intensidade da Pmáx durante um período de tempo de 60% do Tlim na Pmáx, sendo que a principal diferença dos treinos foram as pausas para a recuperação (120% do Tlim e 65% da FCmáx). Os resultados indicam que após quatro semanas de TImáx os ciclistas treinados aumentaram significativamente o LV1, LV2 e a capacidade de trabalho anaeróbia (CTA) (LAURSEN et al., 2005).

Dentre os estudos sobre os efeitos do TImáx encontrados em ciclistas treinados, três foram dos mesmos autores. Interessantemente, que apenas os estudos deste grupo de pesquisadores encontraram resultados significativos e similares após TImáx. Por outro lado, Stepto et al. (1999) não encontraram resultados significativos nos índices fisiológicos e no desempenho de ciclistas treinados após TImáx. É importante ressaltar que a inclusão de grupo controle o monitoramento do treinamento realizado fora da intervenção e a ampliação do número de sujeitos, limitam as inferências referente ao estudo de Stepto et al. (1999). Apesar disso, existe um indicativo que após poucas sessões de TImáx, ciclistas treinados apresentaram aumento significativo na Pmáx, VO₂pico, VT1, VT2, Can, e *performance* no CR de 40 km. Neste sentido, parece que programas de TImáx com a relação esforço pausa 1:2 estão associados com indicativos de ganhos de adaptação e desempenho em ciclistas treinados. Assim, acredita-se que novos estudos são necessários para continuar na investigação da configuração ideal do TImáx para atletas e acrescentar medidas sobre alterações metabólicas, enzimáticas e neuromusculares.

2.1.3 Treinamento intervalado supra-máximo (TIsup)

O treinamento intervalado supra-máximo (TIsup) é comumente realizado com estímulos que envolvam qualquer esforço físico com a duração de até no máximo 1 min. Esses intervalos são geralmente executados na intensidade máxima possível ou acima de 100% da Pmáx com períodos de recuperação similar ou maior que o intervalo. Por muitos anos se pensava que o principal objetivo do TIsup seria o desenvolvimento da potência e capacidade anaeróbia desde que as pausas de recuperação fossem longas, no entanto, programas de TIsup

separados por pausas maiores também objetivam o desenvolvimento do componente aeróbio (GIBALA et al., 2006; GIBALA; MCGEE, 2008).

Tabela 3. Estudos sobre os efeitos do treinamento intervalado supra-máximo (TIsup) em ciclistas treinados.

| Referência | Repe | Int | Dur | Rep | Sem | Resultados |
|-------------------------|------------------------------------|--------------|------|---------|-----|---|
| Stepto et al., (1999) | 12 | 175% | 30 s | 4.5 min | 3 | ↑CR40km, ↑Tlim |
| Laursen et al., (2002b) | 12 | 175% | 30 s | 4.5 min | 4 | ↑Pmáx, ↑CR40km ↑VO ₂ pico ↑RMS, |
| Creer et al., (2004) | 4-10 | Supra-máximo | 30 s | 4 min | 4 | ↓MF, ↑VO ₂ max, ↑PP, ↑PM ↑Pmáx, |
| Laursen et al., (2005) | 12 | 175% | 30 s | 4.5 min | 4 | ↑CR40km, ↑LV, ↑CTA ↑Pmáx, |
| Paton e Hopkins (2005) | 3 x 5 + treinamento de força | Supra-máximo | 30 s | 30 s | 4-5 | ↑PM1km, ↑PM4km, ↑ Economia |
| Lunn et al., (2009) | 2-10 | Supra-máximo | 20 s | 3 min | 10 | ↑PP, ↑PM, ↑PP.kg ⁻¹ , ↑PM.kg ⁻¹ |

Pmáx: potência aeróbia máxima, %: relacionado a Pmáx; Tlim: tempo de exaustão; RMS: raiz quadrada da média; MF: mediana da frequência; CR: contra-relógio; LV: limiar ventilatório; CTA: capacidade de trabalho anaeróbio; PP: pico de potência; PM: potência média; VO₂máx: consumo máximo de oxigênio.

Tradicionalmente, o TIsup vem sendo utilizado como método de treinamento para o desenvolvimento do componente anaeróbio sendo justificado em parte pelo princípio da especificidade. No entanto, tem sido crescente as investigações sobre a influência do TIsup nas variáveis aeróbias, sendo que alguns estudos encontraram aumentos no VO₂max e atividade da CS após treinamento em sujeitos não treinados (JACOBS et al., 1987; MACDOUGALL et al., 1998).

Recentemente, Burgomaster et al. (2005, 2008) apresentaram uma proposta de TIsup que sugere uma nova forma de pensar sobre a especificidade e a adaptação ao treinamento. Neste sentido, o TIsup parece ser um método que induz a uma série de benefícios ao

organismo, benefícios estes normalmente atribuídos ao treinamento aeróbio de baixa intensidade. Assim, Burgomaster et al. (2008) verificaram que após três sessões de TIsup ao longo de seis semanas induzem adaptações fisiológicas similares ao treinamento contínuo de baixa intensidade em sujeitos não treinados. O treinamento foi composto por 4-6 *sprints* máximos de 30 s separados por um período de 4-5 min de recuperação passiva. Os resultados acrescentam que após um curto período de TIsup, houve aumento dos marcadores do metabolismo de carboidratos intramuscular, oxidação de lipídeos e biogênese mitocondrial. Estas adaptações foram similares ao treinamento aeróbio submáximo com 40-60 min de duração. Esses resultados se tornam muito interessantes devido ao fato que o volume do grupo que realizou o TIsup foi aproximadamente 90% menor que o grupo do treinamento aeróbio (~ 225 vs. ~ 2250 kJ.semana⁻¹) resultando em um tempo total acumulado de aproximadamente 1,5 vs. 4,5 h.semana⁻¹. Previamente a este estudo os autores utilizaram este mesmo programa de treino durante um período mais curto (14 dias) e verificaram ganhos de *performance* em eventos curtos (~ 2 min.) e longos (~ 55-60 min.) mais uma vez em indivíduos não treinados (GIBALA et al., 2006). Coletivamente, estes resultados são atraentes no sentido que poucas e curtas sessões de TIsup no ciclismo estacionário são suficientes para promover ganhos de adaptações orgânicas e desempenho em sujeitos não treinados, demonstrando que esses ganhos não seriam restritos apenas ao treinamento contínuo aeróbio de longa duração e baixa intensidade (HAWLEY, 2008).

Conforme observado na tabela 3, novamente poucos estudos foram encontrados sobre os efeitos do TIsup em ciclistas treinados. Stepto et al. (1999) verificaram que os ciclistas aumentaram substancialmente o desempenho de curta (Tlim: ~ 5%) e longa duração (CR40km: ~ 2%) após três semanas de TIsup, no entanto, não foram encontrados aumentos na Pmáx. O treinamento foi composto por 12 esforços de 30 s em intensidade 175% da Pmáx separados por 4,5 min de recuperação. Laursen et al. (2002b) utilizaram o mesmo modelo de treinamento do estudo de Stepto et al. (1999) em ciclistas treinados, no entanto, ajustaram a carga de treinamento na metade do programa e aumentam o volume de treino em uma semana. Os autores encontraram que após o período do treinamento os indicadores de potência aeróbia aumentaram significativamente (Pmáx: 3% e VO₂pico: 3%), assim como o desempenho no CR40km (4,3 %). Além disso, em outro estudo mais recente utilizando o mesmo modelo de treinamento (LAURSEN et al., 2005), os autores encontraram aumentos no LV1 (17%), LV2 (9%) e

CTA (75%). Neste estudo, Laursen et al. (2005) acrescentam que após o TIsup os ciclistas não apresentaram alterações no volume plasmático, hematócrito e hemoglobina. Normalmente essas variáveis são utilizadas como indicadores de adaptações relacionadas a oferta de oxigênio durante o exercício, neste caso parece que os aumentos no desempenho no contra-relógio de curta e longa duração estão associados principalmente à adaptações periféricas. Ao analisarmos coletivamente os resultados destes estudos, percebe-se que existem indicativos que o TIsup pode aumentar a potência e capacidade aeróbia, capacidade anaeróbia e a *performance* de curta e longa duração em ciclistas já treinados.

As adaptações metabólicas e neurais foram investigadas após a utilização do TIsup em ciclistas treinados (CREER et al., 2004). Neste estudo, os ciclistas realizaram duas sessões de TIsup por semana ao longo de quatro semanas. Os estímulos foram progressivos ao longo do treinamento sendo realizados de 4 a 10 *sprints* de 30 s por sessão, em intensidade *all-out* e com intervalo de recuperação de 4 min. Interessantemente, este foi o único estudo encontrado que analisou as alterações neuromusculares em ciclistas treinados após treinamento. Os resultados indicam que houve aumento significativo da atividade eletromiográfica após treinamento. Além disso, os ciclistas realizaram sucessivos *sprints* de 30 s e foram encontrados aumentos significativos na média das concentrações plasmáticas de lactato ($18,2 \pm 2,4$ e $19,4 \pm 3,1$ mmol.l⁻¹), pico de potência (PP) (6%) e potência média (PM) (6%). Em adição, houve aumento significativo no VO₂max ($4,0 \pm 0,4$ e $4,2 \pm 0,4$ l.min⁻¹) após teste incremental, no entanto, sem alterações nos limiares ventilatórios após o treinamento. Sendo assim, percebe-se que após quatro semanas de TIsup em ciclistas já treinados, são suficientes para promover alterações no padrão neuromuscular e indicadores de potência aeróbia e anaeróbia (CREER et al., 2004).

Paton e Hopkins (2005) incorporaram 8 sessões de treinamento de força explosivo combinado com TIsup no programa de treinamento semanal de ciclistas para verificar os efeitos nas respostas fisiológicas e o desempenho dos atletas. Basicamente o treinamento era combinado com três séries de 20 saltos unilaterais (utilizando uma caixa de 40 cm de altura) combinados com 5 *sprints* máximos de 30 s com pausa passiva de 30 s. Os autores encontraram melhora significativa na Pmáx (7%), na potência média no CR de 1km (9%), na potência média no CR de 4km (8%), no limiar de lactato (6%), e na economia de pedalada (3%). Os aumentos na Pmáx e nas medidas de desempenho de curta duração são significativamente superiores aos observados nos estudos

anteriores sobre os efeitos do TIsup em ciclistas treinados. Além disso, este foi o primeiro estudo que verificou ganhos na economia em ciclistas treinados após TIsup visto que o estudo de Hopker et al. (2010) foi publicado anos depois. No entanto, devido a natureza do programa de treinamento e do desenho experimental, não fica claro se os aumentos verificados são provenientes do TIsup, do treinamento de força ou da combinação dos métodos.

Em estudo recente, Lunn et al. (2009) investigaram os efeitos do TIsup e da redução do peso corporal nas variáveis anaeróbias em ciclistas experientes. O grupo de ciclistas realizou o TIsup em uma frequência de duas sessões por semana durante um período de 10 semanas. Os estímulos tinham a duração de 20 s realizados em intensidade *all-out* com intervalo de descanso de 3 min. Diferentemente dos outros estudos, os estímulos foram progressivamente aumentados sendo que a primeira semana foram apenas dois *sprints* por sessão e na última 10 *sprints* em cada sessão. Os resultados indicam que após TIsup os participantes aumentaram significativamente o PP (10,7 %) e a PM (9,1%) e também em valores relativos a massa corporal (10,2 %; 6,2%) (LUNN et al., 2009).

Assim, os efeitos do TIsup nos índices fisiológicos e no desempenho de ciclistas treinados ainda apresentam alguns resultados que necessitam de maiores investigações. Dentre os estudos investigados existe a carência de grupo experimental controle, ampliação do número de sujeitos e controle do treinamento paralelo que esta sendo realizado pelos atletas. De forma geral, os estudos até o presente momento indicam que poucas semanas de treinamento intervalado realizado em intensidade acima do $VO_2\text{max}$ e com intervalo de pausas longos, promovem alterações na *performance* de curta e longa duração, $P_{\text{máx}}$, limiares ventilatórios, indicadores anaeróbios e alterações no recrutamento de unidades motoras em ciclistas treinados.

2.1.4 Síntese do treinamento intervalado de alta intensidade

Assim, dentre os diferentes modelos de treinamento intervalado apresentados, percebe-se que todos os métodos demonstram resultados significativos em ganhos nos índices fisiológicos e no desempenho de curta e longa duração em ciclistas já treinados. Sendo assim, o TIAI nas suas três classificações aqui apresentadas, realizado entre 6-8 sessões de treino ao longo de 4-6 semanas consecutivas, é um método de treinamento esportivo específico que promove aumento das variáveis

fisiológicas, neuromusculares, metabólicas e moleculares, bem como o desempenho em ciclistas treinados.

2.2 ADAPTAÇÃO MOLECULAR DO TIsup

As adaptações fisiológicas provenientes do TIAI são determinadas por diversos fatores incluindo o modo e a precisa natureza do estímulo, por exemplo, a intensidade, a duração e o número de intervalos; assim como a duração e o tipo de pausa (LAURSEN; JENKINS, 2002; SEILER, 2010; SEILER et al., 2013). Em jovens sujeitos não treinados e/ou ativos, um curto período de TIAI é considerado como um estímulo potente para promover adaptações fisiológicas similares ao tradicional e prolongado treinamento aeróbio (BURGOSMASTER et al., 2008). Em ciclistas já treinados, acrescentar algumas sessões de TIAI durante a periodização anual do treinamento também se torna uma alternativa interessante para proporcionar ganhos na *performance* aeróbia (LAURSEN; JENKINS, 2002; SEILER et al., 2006). É importante ressaltar que grande parte dos estudos que procuram esclarecer os mecanismos fisiológicos responsáveis por aumentar a oferta de energia aeróbia após TIAI foram realizados em sujeitos jovens ativos sendo que esses mecanismos são provavelmente diferentes de atletas (GIBALA; JONES, 2013).

Ciclistas normalmente realizam longos períodos de treinamento contínuo na fase básica da periodização anual do treinamento e a medida que o período competitivo se aproxima, treinos de alta intensidade são inseridos no programa (PATON; HOPKINS, 2004). De fato, ambos tipos de treinamento são componentes importantes para atletas que competem em eventos de alta intensidade (LAURSEN, 2010; SEILER, 2010; SEILER et al., 2006). Nesta combinação de períodos com alto volume e momentos de alta intensidade ao longo dos anos diversas adaptações são provenientes do treinamento. Recentemente, tem se ganhado destaque os estudos que buscam compreender a nível molecular, como o músculo esquelético se adapta a vários estímulos para proporcionar um aumento da oferta de energia aeróbia durante o exercício (COFFEY; HAWLEY, 2007). Laursen (2010) apresentou um modelo que busca compreender os efeitos moleculares da complexa interação entre treinos de alto volume e treinos de alta intensidade realizado por atletas (Figura 1).

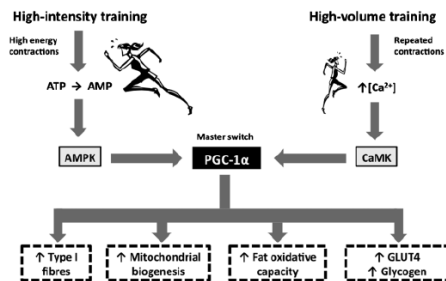


Figura 1. Modelo simplificado sobre adaptações moleculares provenientes do treino intenso e de longa duração (LAURSEN, 2010).

O fator de transcrição gênica chamado *peroxisome proliferator-activated receptor-γ coactivator-1-alpha* (PGC1-alpha) tem sido descrito como uma proteína central sensível ao treinamento que está associada com diversas alterações no organismo sendo responsável pelo aumento do fornecimento de energia aeróbia (HOOD, 2001; LAURSEN, 2010). Na verdade, a PGC1-alpha e também a sua forma beta, apresentam diversas funções, como por exemplo, aumento da biogênese mitocondrial, alterações nas fibras musculares do músculo esquelético e no desenvolvimento do coração, aumento no metabolismo de gorduras, aumento nos estoques de glicogênio, aumento no GLUT4, regulação na termogênese, e ritmo circadiano periférico (HOOD, 2001; LAURSEN; 2010). Existem basicamente duas vias dependentes do tipo de treinamento realizado que proporcionam o aumento da PGC1-alpha. Treinos de alta intensidade ativam a PGC1-alpha a partir da tentativa do organismo resintetizar a molécula de ATP a todo momento. A ligeira queda nos níveis de ATP proporcionada pela alta intensidade eleva os níveis de monofosfato de adenosina (AMP) que ativa a enzima AMP quinase (AMPK). Esta enzima ativa diretamente associada com a ativação de PGC1-alpha no organismo. A segunda via é determinada pelos aumentos dos níveis de cálcio (Ca^{2+}) no organismo, que são promovidos pelo alto volume do treinamento físico. O complexo cálcio-calmodulina é ativado por sua enzima quinase (CaMK) que é um potencial ativador de PGC1-alpha. Sendo assim, a complexa interação entre volume e intensidade de treinos apresenta vias distintas que objetivam proporcionar o aumento do fornecimento de energia aeróbia através da ativação de PGC1-alpha (HOOD, 2001). Este mecanismo provavelmente em algum momento acontece nos ciclistas do presente estudo visto que realizam treinos de alto volume e na presente intervenção foi realizado treinos de alta intensidade.

Recentemente, diversos estudos investigaram os efeitos do TIsup nos ganhos de *performance* e $VO_2\text{max}$ em sujeitos ativos (BURGOMASTER et al., 2005; GIBALA et al., 2006; GIBALA; JONES, 2013). Nestes sujeitos, acredita-se que a via predominante responsável pelos aumentos de PGC1-alpha pós treino seja proveniente dos baixos níveis de trifosfato de adenosina (ATP) e aumento de monofosfato de adenosina (AMP) durante a alta intensidade (GIBALA; JONES, 2013). No presente estudo, houve-se a intenção de realizar treinos de alta intensidade em um período curto de dias consecutivos com o objetivo de estressar o organismo a um nível acima do que os ciclistas realizam diariamente e proporcionar um período teoricamente adequado para que pudessem elevar o nível de *performance*. Baseado em informações recentes sobre as adaptações moleculares em nível do músculo esquelético e o tipo de treinamento realizado no desenho experimento deste estudo, acredita-se que o modelo apresentado pela queda de ATP e aumento de AMP como potencial ativador do aumento de PGC1-alpha possa estar associado com o modelo *crash training*.

2.3 CONTRIBUIÇÃO AERÓBIA-ANAERÓBIA DURANTE TIsup

Existem basicamente duas fontes de energia anaeróbia no músculo esquelético, que são provenientes da degradação de creatina fosfato (CP) e da glicólise/glicogenólise (HARGREAVES; SPRIET, 2006). Em esforço intenso, o ritmo na utilização de ATP no músculo esquelético é mais rápido do que sua regeneração o que pode levar no acúmulo de difosfato de adenosina (ADP) e AMP (HARGREAVES; SPRIET, 2006). Neste caso, ainda existe mais uma fonte de energia em alta intensidade em que duas moléculas de ADP podem regenerar o ATP. Para evitar grande acúmulo dentro da célula, o AMP é desaminado em monofostato de inosina (IMP) e amônia (NH_4^+) (LOWENSTEIN, 1990). Portanto, o distúrbio metabólico proporcionados pela alta intensidade de esforço supra-máximo eleva a acumulação de íons e substâncias que são tóxicas ao músculo esquelético (H^+ , Pi, lactato, Na^+ , K^+ , Cl^- , NH_4^+) levando a uma queda no PH ocasionando em processo complexo chamado de acidose metabólica (HARGREAVES; SPRIET, 2006).

Estudos anteriores mostram a queda abrupta dos níveis de CP logo após o exercício de alta intensidade (HARGREAVES; SPRIET, 2008). Parollin et al. (1999) verificaram que após o primeiro *sprint* de 30 s as concentrações de CP diminuíram de 88 para 8 $\text{mmol.kg}^{-1} \text{dm}$, glicogênio muscular diminuiu de 480 para 400 $\text{mmol.kg}^{-1} \text{dm}$; lactato

aumentou de 5 para 60 $\text{mmol.kg}^{-1} \text{ dm}$; H^+ aumentou de 62 para 183 nM e o PH diminuiu de 7,05 para 6,74. Após 4 min. de pausa e antes de iniciar o terceiro *sprint*, os níveis de CP e glicogênio estavam restabelecidos parcialmente a 70 $\text{mmol.kg}^{-1} \text{ dm}$ e 370 $\text{mmol.kg}^{-1} \text{ dm}$, respectivamente. No entanto, lactato e H^+ ainda permaneciam elevados (95 $\text{mmol.kg}^{-1} \text{ dm}$, 216 nM, respectivamente) e o PH baixo em 6,6 indicando que os sujeitos não haviam se recuperado totalmente. Sendo assim, um pouco antes de se iniciar o terceiro *sprint*, CP foi resintetizado em grande parte e foi possível contribuir para a formação de ATP novamente, enquanto que os produtos do metabolismo da glicólise provenientes de dois *sprints* prévios ainda estavam presentes. Portanto, esses achados enfatizam a participação de CP na geração de energia no início dos *sprints* e a ineficiência da glicólise em se recuperar durante *sprints* repetitivos com pausas incompletas (HARGREAVES; SPRIET, 2008).

Os diferentes esforços empregados durante as sessões de treinos do *crash-training* no presente estudo, combinam qualidades que enfatizam o desenvolvimento da potência (15 s) e capacidade anaeróbia (45 s) ao longo de uma sessão de treino aeróbia (90 min). A contribuição aeróbia em um esforço realizado na intensidade *all out* de 15 s é de aproximadamente 12%, já em esforço de 30 s aumenta para próximo de 30% e durante 45 s cerca de 37% (GASTIN, 2001). De fato, a equivalência na contribuição do metabolismo aeróbio e anaeróbio durante o exercício supra-máximo parece estar próxima de 75 s ou 600m na corrida (GASTIN, 2001; LAURSEN, 2010) (Figura 2).

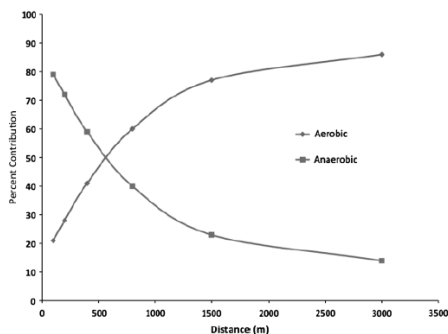


Figura 2. Contribuição aeróbia e anaeróbia durante a corrida em máxima velocidade nas distâncias de 100 a 3000m (LAURSEN, 2010).

Parolin et al. (1999) quantificaram a contribuição aeróbia e anaeróbia durante *sprints all out* de 30 s separados por 4 min de pausa passiva. Os autores também quantificaram a contribuição metabólica nos momentos 0 a 6 s, 6 a 15 s e 15 a 30 s; durante o primeiro e o terceiro *sprint*. Os dados revelaram que a participação aeróbia no primeiro *sprint* foi de aproximadamente 31% e subdividida nos instantes de 0 a 6 s = 9%, 6 a 15 s = 30% e 15 a 30 s = 55%. Já no terceiro *sprint*, a participação aeróbia aumentou bastante: 0 a 6 s = 24%, 6 a 15 s = 70% e 15 a 30 s = 75%, sendo que no total durante todo o *sprint* a contribuição aeróbia se tornou predominante e foi de aproximadamente 58%.

Em outro estudo, Bogdanis et al. (1996) avaliaram a contribuição aeróbia e anaeróbia durante dois *sprints* supra-máximos de 20 e 30 s separados por dois minutos de recuperação no ciclo-ergômetro. Os autores verificaram que a PM não sofreu grande redução ao final do segundo *sprint*, sendo observado um aumento na contribuição aeróbia de 13 para 27% no segundo *sprint*. De acordo com os estudos acima, Gaitanos et al. (1993) avaliaram os sujeitos em 10 *sprints* supra-máximos de 6 s separados por 30 s de pausas no ciclo-ergômetro. Foram encontradas reduções significativas da participação glicolítica no fornecimento energético no décimo *sprint* em relação ao primeiro. Desta forma, os autores acreditam que durante os últimos *sprints*, a glicólise é inibida sendo o ATP regenerado pelas fontes de CP restauradas parcialmente no período de recuperação e pelo aumento da participação do metabolismo aeróbio.

Estes dados apresentados nos estudos acima, se tornam extremamente interessantes se observarmos o desenho experimental das sessões do *crash training* do presente estudo. Os ciclistas realizaram um total de 30 *sprints* por sessão (15, 30 e 45 s) em intensidade supra-máxima o que provavelmente alterou significativamente a contribuição aeróbia e anaeróbia durante o treino e talvez ao longo dos dias de treinamento. Os produtos do metabolismo anaeróbio e a ligeira queda de substratos energéticos talvez estejam associados com a diminuição de potência ao longo da mesma sessão de treino. É possível que ocorra queda nas concentrações de glicogênio muscular e aumento da participação oxidativa ao longo do treino. Sendo assim, acredita-se que a participação aeróbia durante os *sprints* no presente estudo é evidente.

2.4 OVERREACHING FUNCIONAL

O *overreaching* funcional tem sido definido como a relação entre estímulo/estresse de treinamento que resulta em um curto declínio nas medidas fisiológicas e de desempenho e seguido por um período de recuperação adequado para promover a super-compensação ao organismo e elevar o nível de desempenho (MEEUSEN et al., 2006). Para alcançar este estado de *overreaching* funcional, alguns pesquisadores vêm desenvolvendo alguns programas de treinamento, aqui chamado de *crash training*, que tem como característica principal o alto volume e intensidade de treino nas sessões, sendo executados em um período de dias consecutivos (MEEUSEN et al., 2006). Após este período intenso de treinamento, se o tempo de recuperação for insuficiente e/ou o período de estímulos for prolongado no sentido de os distúrbios fisiológicos e no desempenho continuarem, o *overreaching* é caracterizado como não-funcional e evidentemente não será observado melhoria na *performance* podendo levar ao estado de *overtraining* (MEEUSEN et al., 2006).

Para se compreender claramente os efeitos do *crash training* no organismo é importante lembrar os conceitos básicos da teoria da super-compensação no treinamento esportivo. A teoria da super-compensação sugere que durante o processo de reabastecimento energético para níveis normais após estímulo de treinamento, o organismo pode super-compensar as suas reservas, ou seja, aumentar o estoque energético acima dos níveis normais aumentando o nível de aptidão ou *performance* do indivíduo. A teoria está demonstrada na Figura 3, que também representa o comportamento teórico da intensidade/volume, recuperação e super-compensação do *crash training*.

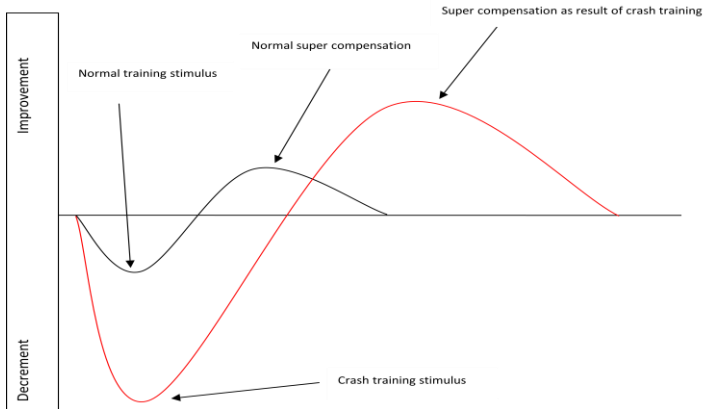


Figura 3. Modelo de super-compensação modificado por Bompa (1999).

2.5 PERIODIZAÇÃO EM BLOCOS

A periodização do treinamento esportivo é compreendida pelo planejamento das atividades técnicas, táticas, físicas e psíquicas de um atleta ao longo de uma temporada competitiva, sendo que objetiva elevar o nível de desempenho dos atletas ao máximo especificamente em competições importantes. O modelo clássico ou tradicional, surgiu por volta dos anos de 1950 e 60 sendo criado pelo russo Lev Pavilovich Matveyev (BOMPA, 2009). Por muito anos este modelo foi disseminado para diversos esportes, no entanto, a necessidade de se adaptar o modelo fez surgir novas propostas de se planejar o treinamento esportivo. Sendo assim, a periodização em blocos surgiu por volta dos anos 1970 e os principais fundadores foram Yuri Verkhoshansky e Anatoliy Bondarchuck (ISSURIN, 2010).

A periodização em blocos apresenta a principal característica de se acumular dias consecutivos de treinamento com pausas incompletas, visando treinar as qualidades físicas determinantes para a modalidade (ISSURIN, 2010). A premissa dos autores está no fato de que a periodização em blocos promove o efeito acumulativo do treinamento que se reflete nas alterações das variáveis fisiológicas e no desempenho dos atletas (ISSURIN, 2010). Além disso, a periodização em blocos também promove os efeitos residuais do treinamento, ou seja, por quanto tempo os atletas se mantêm com ganhos de *performance* provenientes do treinamento (ISSURIN, 2010). Sendo assim, o modelo de periodização em blocos quando utilizado na forma ideal pode induzir

ao *overreaching* funcional. Nos últimos anos tem sido crescente o número de estudos que vem buscando compreender os efeitos de um curto período de treinamento na *performance* de ciclistas (HALSON et al., 2002; RØNNESTAD et al., 2012a,b).

Jeukendrup et al. (1992) destacaram os possíveis benefícios de um curto e intenso período de treinamento na *performance* de ciclistas. Neste estudo, sete ciclistas treinados completaram duas semanas de treinamento intensificado em ambos volume e intensidade; dentre os resultados observados os participantes apresentaram sintomas psicológicos e fisiológicos de *overtraining*. Além disso, a *performance* avaliada imediatamente após o treinamento foi significativamente inferior aos valores prévios ao treinamento, sendo que após duas semanas de recuperação, os participantes ainda apresentavam sinais de fadiga mental. Apesar disso, os ciclistas aumentaram significativamente a *performance* no CR de 8,5 km. Assim, apesar de ser apenas o primeiro estudo e ainda apresentar indicativos de fadiga psicológica nos atletas, parece que um período curto de *crash training* seguidos por duas semanas de recuperação pode ser um modelo de treinamento atraente para rápidos ganhos de *performance* em ciclistas já treinados.

Por outro lado, Halson et al. (2002) não encontraram aumentos significativos no desempenho de ciclistas após *crash training*. Após duas semanas de treinamento intensificado, oito atletas treinados tiveram queda nas medidas psicológicas, fisiológicas e de desempenho. Apesar dos valores terem retornados aos iniciais depois de um período de duas semanas de recuperação, não foram verificados ganhos de desempenho em atletas treinados. Os ciclistas avaliados por Halson et al. (2002) eram menos treinados ($VO_2\text{max} \sim 58 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) que os ciclistas do estudo de Jeukendrup et al. (1992) ($VO_2\text{max} \sim 65 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) sugerindo que talvez o *crash training* possa trazer benefícios a ciclistas mais treinados. A outra possível explicação para os resultados conflitantes dos estudos está na medida de desempenho, Halson et al. (2002) utilizaram o CR de 40 km sendo que Jeukendrup et al. (1992) utilizaram o CR de 8,5 km, assim parece que o curto período de *crash training* suficiente para observar a melhora no desempenho em eventos de curta duração e não em moderada a longa.

Em outro estudo, Halson et al. (2004) investigaram os efeitos da suplementação de carboidratos (CHO) durante as sessões *crash training* em ciclistas treinados. O treinamento não foi detalhado claramente pelos autores, mas apresentam que os atletas foram separados em dois grupos (baixa e alta ingestão de CHO), ambos realizaram o treinamento intensivo durante oito dias consecutivos que consistiu em estímulos de

alta intensidade durante aproximadamente 3 a 4 horas por sessão. Os resultados demonstraram que todos os participantes apresentaram redução de desempenho e no estado humoral logo após período de treinamento intensificado em volume e intensidade indicando que todos estavam em estado de *overreaching*. No entanto, o grupo que foi suplementado por alta dosagem de CHO teve a *performance* atenuada logo após o treinamento e significativo aumento no tempo de exaustão após duas semanas de recuperação ($10,5 \pm 6,4\%$). Assim, percebe-se que o *crash training* quando suplementado por altas dosagens de CHO pode aumentar significativamente o desempenho de longa duração em ciclistas já treinados.

Um pouco mais recentemente, Rønnestad et al. (2012a) verificaram os efeitos do *crash training* na *performance* de ciclistas treinados. Cada mês foi separado da seguinte forma: um bloco semanal de TSub seguido de três semanas de treinamento contínuo (incluindo uma sessão de TSub por semana). Nas sessões de TSub os ciclistas realizaram entre 5-6 esforços de 5-6 minutos de duração na intensidade entre 85 a 100% da FC_{máx}, separados por pausa de ~ 3 minutos. Os resultados mostraram que o VO₂max e a P_{máx} aumentaram significativamente após treinamento (8,8% e 6,2%, respectivamente, $p < 0,05$). Além disso, os autores também verificaram melhora de 22% na potência no limiar de lactato (2 mmol.l^{-1}), na massa da hemoglobina (5,6%) e na potência média durante o contra-relógio de 40 min (8,2%). Em outro estudo, Breil et al. (2010) investigaram os efeitos de um bloco de treinamento de 11 dias no índices fisiológicos em esquiadores treinados. Os atletas realizaram três dias consecutivos de treino e descansaram um dia ao longo dos 11 de treinamento. O treinamento foi constituído de 4 esforços de 4 minutos a 90-95% da FC_{máx} separados por pausa ativa de 3 minutos. Os esforços foram alternados sendo um dia realizado no ciclo-ergômetro e outro dia em um circuito de exercícios específicos que se assemelham ao esqui. Os autores mostraram que os esquiadores tiveram ganhos significativos no VO₂max (5-6%, $p < 0,01$) na P_{máx} (4,4-5,5% $p < 0,01$), no segundo LV (9,6% $p < 0,01$) após sete dias do término do treinamento.

Portanto, apesar de alguns estudos terem sido publicados sobre os efeitos do *crash training* em ciclistas competitivos, dois estudos antigos apresentam resultados controversos, sendo que recentemente o modelo *crash training* apresenta resultados efetivos. Os estudos mais recentes destacam que a suplementação de CHO pode ser uma estratégia interessante a ser administrada durante e logo após as sessões de treino.

A inclusão de grupos controle e ampliação do número de participantes limitam as inferências dos resultados encontrados. Sendo assim, acredita-se que novos estudos nesta área são necessários para esclarecer se ciclistas treinados possam se beneficiar desta estratégia de treinamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 SUJEITOS

A amostra foi do tipo não probabilística intencional. Foram selecionados 20 ciclistas competitivos com experiência mínima de dois anos consecutivos em competições. Durante as pesquisas, os ciclistas estavam no período pré-competitivo e competitivo da periodização anual do treinamento. Os atletas participavam de campeonatos estaduais, nacionais e internacionais em diversas categorias e pedalavam entre 10-14 horas por semana. Esta pesquisa foi realizada no Instituto de Tecnologia do Leste (EIT), Napier, Nova Zelândia durante o Estágio de Doutorado Sanduíche entre os meses de agosto de 2012 a janeiro de 2013 sobre a supervisão do Prof. Dr. Carl Paton, Co-orientador desta tese. Os ciclistas avaliados neste estudo são naturais da Austrália (5), Brasil (1), Chile (1), Inglaterra (1) e Nova Zelândia (12). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Tecnologia do Leste (APÊNDICE I).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A amostra foi submetida a quatro dias de avaliações físicas em diferentes momentos durante todo o experimento (Figura 4). Foram duas avaliações antes e duas após o treinamento físico com as seguintes medidas no mesmo dia: antropometria, teste incremental e teste de *performance* por meio da simulação de um percurso de ciclismo com trechos planos, subidas e descidas realizado no formato de contra-relógio de 20 Km. Neste estudo, os ciclistas foram separados intencionalmente em dois grupos com 10 atletas cada, sendo equivalentes quanto a idade, experiência no esporte e nível de aptidão física: grupo 1 – *crash training* (CT) e grupo 2 - controle (C).

No primeiro dia, os ciclistas do grupo CT realizaram a antropometria e em seguida o teste incremental. Após 20 minutos de descanso passivo, os ciclistas realizaram o contra-relógio de 20 km (T1, figura 4). Como apresentado na figura 4, após o teste 1, os ciclistas realizaram o treinamento físico programado pelo seu treinador por um período de um micro-ciclo (7 dias). Durante este período, foi solicitado que todos os ciclistas não realizem nenhum tipo de treinamento intervalado durante este período.

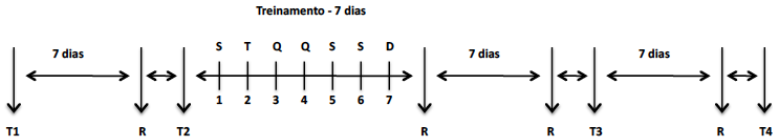


Figura 4. Desenho experimental do grupo que realizou o treinamento físico.

Após este microciclo de sete dias, os ciclistas do grupo CT retornaram ao laboratório para a segunda sessão de testes (T2, figura 4). Após 24 h, realizaram o treinamento durante um período de 7 dias consecutivos também com intervalo de 24 h entre as sessões. Após treinamento, os ciclistas descansaram um dia (R, figura 4) e executaram dois micro-ciclos de baixo volume e intensidade (14 dias) em que todos não realizaram nenhum tipo de treinamento intervalado. Durante este período “recuperativo”, os ciclistas retornaram ao laboratório para a terceira e quarta sessão de avaliações físicas nos dias sete (T3 figura 4) e 14 (T4 figura 4), respectivamente. No dia anterior a todos os testes os atletas permaneceram em repouso (R figura 4), inclusive antes do primeiro dia de avaliação.

3.3 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Foi realizada a avaliação antropométrica com medidas de estatura (estadiômetro – Seca), peso (balança – Seca - Modelo 813 Digital) e dobras cutâneas (adipômetro – Lange Beta Technology).

O ciclo ergômetro eletromagnético Velotron (Dynafit Pro, RacerMate Inc, WA, USA) foi utilizado no teste incremental, contra-relógio de 20km e durante algumas sessões do treinamento físico (sessão 1, 4 e 7). Para o contra-relógio e o treinamento físico, o ciclo-ergômetro permite simular o ciclismo em diferentes percursos através de alteração na resistência imposta pelo aparelho sendo transmitida através de uma tela pelo *software RacerMate Interactive 3D* (RacerMate Inc, WA, USA). O ciclo-ergômetro também permite que o ciclista escolha as marchas semelhantes a sua bicicleta através de uma manopla de cambio manual acoplada ao guidão do Velotron. Este recurso mimetiza as condições do ciclismo permitindo ao ciclista modificar as marchas de acordo com o trecho a ser vencido no percurso e também nas situações das sessões de treino em que o atleta necessita “aumentar as marchas” para conseguir imprimir potência durante o *sprint*. Sendo assim, para o contra-relógio de 20 km foi escolhido um percurso com trechos planos,

subidas e descidas, na qual a inclinação máxima foi de 10% (dados não publicados provenientes do laboratório na EIT indica alta reprodutibilidade da potência neste teste $CV = 1-2\%$). Para a sessão de treinamento físico, foi escolhido um percurso plano com distância fixa de 55 km suficiente para a realização do treino. Os ajustes de altura do selim e guidão, e a distância entre o selim e o guidão foram realizados na primeira visita, de acordo com o conforto de cada ciclista e registrados para as demais visitas. Caso o atleta solicitasse mudanças durante o início do primeiro teste, o ergômetro era prontamente modificado afim de atender ao conforto do ciclista.

Durante a sessão de treinamento 2, 3, 5 e 6 os ciclistas treinaram na estrada em terreno predominantemente plano ou no rolo estacionário. Para registro da intensidade de esforço, os ciclistas utilizaram o sensor de potência PowerCal (Cyclops, Madison, USA). Basicamente, o PowerCal é uma cinta cardíaca semelhante a uma cinta de um monitor cardíaco. O PowerCal estima a potência por meio da resposta da FC durante o exercício. Segundo as informações do fabricante, este novo aparelho permite a estimativa da potência a partir de um algoritmo que assume uma associação entre a potência e a FC durante o exercício.

No teste incremental os ciclistas respiraram através de uma máscara de gases acoplada ao analisador metabólico Metamax 3B (Cortex, Leipzig, Germany). Previamente a cada teste, o sistema foi ligado com 60 minutos de antecedência e em seguida calibrado de acordo com as normas recomendadas pelo fabricante: 1) calibração dos gases que envolve a utilização do gás de referência (14,97% O₂, 4,96% CO₂, balanço N₂: $\pm 0,02\%$ absoluto, Hong Kong Specialty Gases); 2) verificação do ar ambiente; 3) calibração da turbina por meio de uma seringa com volume de ar de 3-L (5530 series, Hans Rudolph, Inc., MO, USA). Após a realização das calibrações e de inserir os dados do sujeito no *software* Metamax[®], as variáveis cardiorrespiratórias foram adquiridas continuamente, registradas e gravadas a cada respiração. Cada teste foi exportado a partir do *software* Metamax[®], e foram tratados no programa Excel[®], sendo alinhados com o tempo em que ocorreu o teste incremental, para análise conjunta da potência e das variáveis cardiorrespiratórias. Durante o teste incremental e de contra-relógio, os ciclistas utilizaram a cinta para monitoramento cardíaco (Polar, Kempele, Finland) que foi registrada pelo analisador metabólico e ciclo-ergômetro, respectivamente.

Amostras de sangue capilar (25 μ l) obtidas no lóbulo da orelha foram coletadas ao final cada estágio (30s) durante o teste incremental e armazenada em tubos capilares com heparina. O lactato sanguíneo foi

analisado imediatamente por meio de um analisador eletroenzimático da marca Yellow Spring® (modelo YSI 1500 Stat Plus, Yellow Springs, OH, EUA). O equipamento para estas análises foi calibrado previamente a cada teste com uma solução de padrão.

3.4 PROTOCOLO DE AVALIAÇÕES

3.4.1 Avaliação Antropométrica

Em todas as sessões de testes o peso e a dobras cutâneas foram medidas. As dobras cutâneas foram mensuradas nas regiões do tórax, abdômen e coxa, conforme as descrições do protocolo de três dobras, proposto por Jackson e Pollock (1978). A estatura foi mensurada apenas na primeira avaliação.

3.4.2 Teste Incremental

Este teste foi realizado nas quatro baterias de avaliações durante o experimento. Os ciclistas realizaram um aquecimento em carga de 70-100 watts (W), com duração de 10 minutos. Em seguida, o teste foi iniciado com carga de 100 W e incrementos de 40 W a cada estágio de 4 minutos até exaustão voluntária máxima (FERNÁNDEZ-GARCÍA et al., 2000). Se a carga do estágio não foi completada, a potência aeróbia máxima ($P_{máx}$) foi determinada segundo a equação de Kuipers et al. (1985): $P_{máx} = P_f + (t/240 \times 40)$; onde P_f é a carga em W do último estágio, t é o tempo em segundos do estágio incompleto, 240 é o tempo em segundos proposto para cada estágio e 40 é o valor do incremento das cargas. Os atletas foram orientados a manter a sua cadência preferida durante todo o teste. A falta de sustentação da cadência no pedal e/ou exaustão voluntária, foram os critérios utilizados para a interrupção do teste. Durante o teste foi permitido que os ciclistas pudessem pedalar em pé conforme a necessidade do atleta.

O consumo de oxigênio (VO_2) foi monitorado durante todo o teste. As trocas gasosas foram registradas a cada respiração através de uma máscara conectada a um analisador de gases de circuito aberto pela qual os indivíduos ventilaram durante todo teste. Os dados de VO_2 foram plotados em função da potência em médias de 30 segundos, sendo que o maior valor atingido no teste foi considerado o VO_{2max} (média de 30 segundos). A FC foi monitorada batimento a batimento durante todo o teste. Foram coletados 25 μ l de sangue arterializado no lóbulo da orelha ao final de 30 segundos de cada estágio para análise das [La] que

foram imediatamente analisadas. Para os limiares fisiológicos, optou-se por determinar dois limiares: 1) O limiar anaeróbio individual (IAT) foi determinado através da metodologia proposta por Berg et al. (1990). Este método foi escolhido pois vem sendo estudado pelo nosso grupo nos últimos anos e apresenta alta reprodutibilidade e concordância com a máxima fase estável de lactato em ciclistas (GROSSL et al., 2012) assim como forte correlação em competições de ciclismo (COSTA; DE-OLIVEIRA, 2008). Para determinar o IAT, primeiramente foi identificado o menor valor equivalente através da relação entre lactato/potência; em seguida o IAT foi determinado a partir da adição do valor fixo de $1,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ no menor valor equivalente; 2) O *onset blood lactate accumulation* (OBLA) foi identificado a partir da concentração fixa de 4 mmol.l^{-1} (SJÖDIN; JACOBS, 1982). Este método foi escolhido por ser tradicional em diversas pesquisas com o ciclismo e também apresentar alta reprodutibilidade e associações com o desempenho de ciclistas (AMANN et al., 2004; AMANN et al., 2006). A potência, FC e o VO_2 em cada um dos limiares foram determinados a partir da interpolação linear entre dois seguimentos.

3.4.3 Economia e eficiência bruta

Estas medidas foram realizadas a partir da potência, VO_2 e VCO_2 provenientes do teste incremental (220 W). Os dados de VO_2 e VCO_2 foram reduzidos a médias de dois minutos, sendo utilizados os últimos dois minutos de cada estágio para análise da economia (EC) e eficiência bruta (EB) da pedalada. A EC foi identificada a partir da relação entre a potência e o VO_2 (PATON; HOPKINS, 2005). A EB foi calculada a partir do cálculo prévio da energia despendida (ED) (HOPKER et al., 2009):

$$(ED) = ((3,869 * \text{VO}_2) + (1,195 * \text{VCO}_2)) * (4,196/60) * 1000.$$

Em seguida para a determinação da EB, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$EB = (P/ED) * 100$$

3.4.4. Teste de *performance*: contra-relógio no ciclismo

O contra-relógio foi realizado após o teste incremental separado por um período de 20 minutos de recuperação passiva. Durante este período foi permitido que os atletas ingerissem água conforme a necessidade. O ciclo-ergômetro permite simular o ciclismo em diferentes percursos através de alteração na resistência imposta pelo

aparelho sendo transmitida pelo monitor do computador. A figura 5, apresenta um exemplo do percurso que foi percorrido pelos ciclistas.

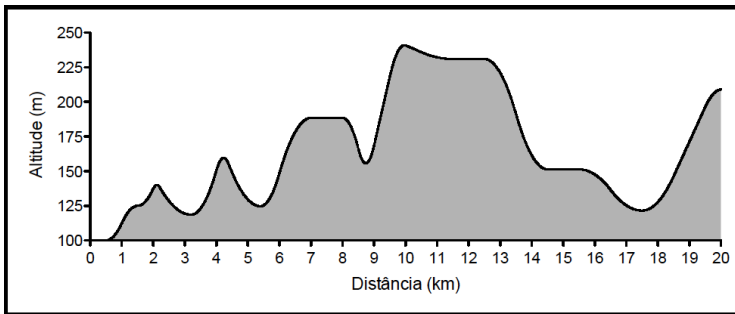


Figura 5. Percurso do teste de contra-relógio no ciclismo.

Antes de iniciar o contra-relógio, os ciclistas realizaram um aquecimento com duração de 10 min. na carga de 70-100 W. Portanto, o contra-relógio iniciou 30 minutos após o final do teste incremental. Em seguida, o teste foi iniciado onde o atleta percorreu a distância fixa de 20 km no menor tempo possível. Não foi permitido que o atleta pudesse acompanhar os valores de potência, FC, tempo, velocidade e cadência; exceto o controle da distância e percurso para o término do teste. Este procedimento foi necessário para evitar qualquer influência na estratégia de *pacing* do ciclista durante o teste. Foi permitido que os ciclistas ingerissem água conforme requisitado por eles. As variáveis analisadas ao longo do teste foram: FC, potência, cadência e tempo total.

3.5 TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE

O *crash training* teve início logo após a segunda bateria de testes físicos e foi realizado durante 7 dias consecutivos sendo uma sessão de treino por dia (Figura 4). A sessão de treino 1, 4 e 7 foram realizadas em laboratório e as sessões 2, 3, 5 e 6 foram realizadas na estrada e ou rolo estacionário de treinamento. Assim, conforme a figura abaixo (Figura 6) os ciclistas foram divididos em dois grupos de 10 atletas cada um: 1) *crash training* (CT) e 2) controle (C).

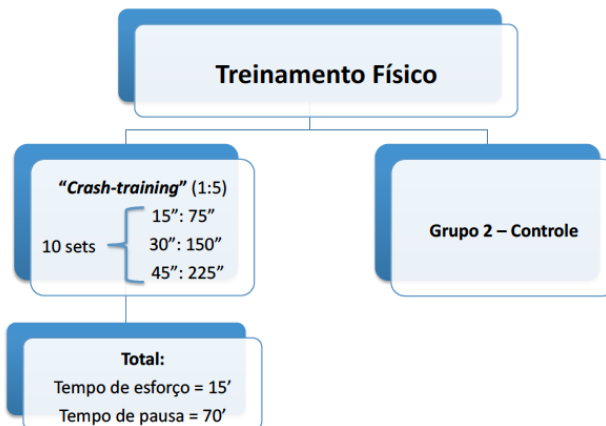


Figura 6. Resumo do treinamento físico.

A figura 6 representa o volume e intensidade total do *crash training*. O grupo CT realizou 10 sets em cada sessão de treino. Cada set foi composto por três *sprints* recomendados a serem realizados em intensidade *all out* de 15, 30 e 45 s de duração; e o respectivo período de recuperação: 75, 150 e 225 s. A relação esforço/pausa para o grupo que realizou o treinamento foi de 1:5. Durante a recuperação, foi recomendado que os atletas pedalassem na intensidade abaixo de 50% Pmáx. A duração de cada sessão de treinos foi de aproximadamente 2 horas: 1) Aquecimento: 15 min < 50% Pmáx; 2) Sessão principal: 15 min de esforço acumulado e 70 min de pausa acumulada; 3) Desaquecimento: 15 min < 50% Pmáx. O volume total do treinamento foi de 14 horas de ciclismo, incluindo 210 *sprints* ao longo de sete dias consecutivos. Todos os atletas realizaram uma sessão de treino por dia sempre no mesmo horário buscando respeitar um período de recuperação parcial de 24 h. Durante as sessões de treino, os ciclistas utilizaram um áudio no formato mp3 para controlar os estímulos e o período de recuperação, portanto, os atletas não precisaram se preocupar em controlar o tempo do *sprint* e a pausa através de um relógio ou display do sensor de potência. Após sete e 14 dias, respectivamente; do último dia de treinamento físico, foram realizadas as avaliações previamente conduzidas (Figura 4). Durante a semana prévia ao treinamento e nas duas semanas seguintes ao *crash training* foi recomendado para os ciclistas não realizarem nenhum tipo de TIAI e com volume total de aproximadamente 2 horas por dia. O GC foi monitorado durante sete dias, este procedimento foi adotado pois está de

acordo com período de intervenção realizado pelo CT (sete dias), sendo assim, também foi recomendado para os ciclistas não realizarem nenhum tipo de TIAI com um volume total de aproximadamente 2 horas por dia durante os sete dias consecutivos de treino.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A estatística descritiva foi apresentada na forma de médias e desvio padrão. Os principais efeitos do treinamento e seu respectivo intervalo de confiança (90% IC) foram calculados por meio de uma planilha (*Excel*[®]) (HOPKINS, 2007). A planilha utiliza um teste t de variâncias desiguais para verificar as mudanças entre a média dos dois testes pré-treinamento ($[(\text{Teste 1} + \text{Teste 2})/2 = \text{Teste pré}]$) e cada um dos testes pós (Teste 3 e 4). Ao inserir os dados na planilha, foi realizada a transformação logarítmica para reduzir o viés decorrente de qualquer não uniformidade de erro dos dados. Portanto, os resultados dos efeitos do treinamento foram expressos em percentuais provenientes desta conversão. A planilha também calcula as chances que os efeitos reais sejam substanciais quando um valor para a menor variação destes valores é inserido (HOPKINS, 2003; HOPKINS, 2007). Foi utilizado um valor de 1% para as medidas de desempenho para representar o menor aumento de valor para os ciclistas competem em velódromo e provas de contra-relógio (PATON; HOPKINS; 2001). A magnitude dos efeitos do treinamento foi interpretada usando os limiares de efeito de Cohen: 0,2 (pequeno), 0,5 (moderado) e 0,8 (grande) de acordo com as recomendações prévias (COHEN, 1988), sendo que $< 0,2$ foi considerado trivial. A comparação das médias entre os testes pré e pós-treinamento foi realizada por meio da análise de variância *Anova one-way* com medidas repetidas. Já a comparação das médias do grupo controle foi realizada por meio de teste t.

Previamente a análise estatística do comportamento da potência durante o contra-relógio, os dados brutos provenientes do cicloergômetro foram analisados no *software TrainingPeaks WKO+ 3.0 (Peaksware)*. Este *software* foi desenvolvido com o principal objetivo de análise da potência proveniente de qualquer exercício realizado no ciclismo. Sendo assim, a potência média foi calculada a cada 2 km durante o contra-relógio e a análise do *pacing* pré e pós-treinamento, foi realizado por meio da análise de variância *Anova one-way* com medidas repetidas a cada 2 km separadamente. Já a comparação das médias do grupo controle foi realizada por meio de teste t.

Previamente a análise estatística dos dados referentes a potência durante as sessões de treino, os dados brutos provenientes do cicloergômetro foram analisados no *software GoldenCheetah 2.0.0 (PhysFarm Training Systems)*. Este *software* também foi desenvolvido com o principal objetivo de análise da potência proveniente de qualquer exercício realizado no ciclismo. Para o cálculo da PP os dados foram reduzidos a médias de 1 s sendo escolhido o valor mais alto. Para a PM, o *software* apresenta uma ferramenta capaz de localizar e calcular os valores médios de qualquer intervalo de tempo selecionado ao longo da sessão de treinos. Portanto, foram selecionadas os valores médios de potência nos *sprints* de 15, 30 e 45 s para cada sujeito a partir desta ferramenta. É importante ressaltar que são valores de potência acumulada, ou seja, sem contabilizar a potência durante o intervalo de recuperação entre os esforços. A partir dos valores de *sprint* acumulado, foi calculada a média da PP e PM durante cada sessão de treino e também em cada set ao longo de cada sessão de treino. Assim, *Anova one-way* com medidas repetidas foi utilizada para a comparação dos valores médios da PP e PM entre as sessões de treinos. *Anova two-way* modelo misto foi utilizada em duas análises: 1) Comparação da PP e PM dos *sprints* 15, 30 e 45 s de cada sessão e entre as sessões de treino. 2) Comparação da PP e PM de cada set ao longo da sessão de treinos e entre as sessões de treino. Todas as análises de comparações de médias e correlações foram realizadas no *software SPSS 13.0*. Foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

O *crash training* não alterou a massa corporal e o percentual de gordura dos ciclistas após treinamento. Este comportamento também ocorreu no grupo C (Tabela 4).

Tabela 4. Idade e variáveis antropométricas provenientes dos atletas.

| Variáveis | Grupo Controle | | Grupo <i>Crash training</i> | | |
|---------------------|----------------|------------|-----------------------------|------------|------------|
| | Teste 1 | Teste 2 | Pré | Pós 1 | Pós 2 |
| Idade (anos) | 36,2 ± 8,9 | - | 33,2 ± 10,9 | - | - |
| Massa corporal (kg) | 76,6 ± 8,7 | 76,3 ± 8,0 | 74,8 ± 6,0 | 74,4 ± 6,4 | 74,5 ± 5,8 |
| Estatura (cm) | 177 ± 5,8 | - | 177 ± 4,9 | - | - |
| Gordura (%) | 12,8 ± 5,9 | 12,6 ± 6,0 | 11,8 ± 6,3 | 11,4 ± 6,8 | 11,9 ± 6,0 |

4.2 TESTE INCREMENTAL

4.2.1 Grupo Controle (C)

As tabelas 5 e 6, respectivamente, apresentam os resultados das variáveis máximas e sub-máximas provenientes de dois testes incrementais do grupo C. Conforme pode-se observar, não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis analisadas e o coeficiente de variação (CV-%) foi baixo para todas as variáveis, exceto [La]máx.

Tabela 5. Variáveis máximas provenientes dos testes incrementais do grupo controle (C).

| Variáveis | Teste 1 | Teste 2 | CV (%) (IC) |
|---|-------------|------------|------------------|
| Pmáx (W) | 338 ± 48 | 335 ± 45 | 1,1 (0,8-1,9) |
| VO ₂ max (L.min ⁻¹) | 4,7 ± 0,6 | 4,7 ± 0,6 | 4,5 (3,3-7,5) |
| VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 61,6 ± 10,4 | 61,1 ± 9,6 | 4,6 (3,3-7,6) |
| FCmáx (bpm) | 183 ± 6 | 181 ± 6 | 1,8 (1,3-2,9) |
| VE _{máx} (L.min ⁻¹) | 160 ± 17 | 159 ± 17 | 3,3 (2,4-5,5) |
| [La]máx (mmol.l ⁻¹) | 9,7 ± 1,8 | 9,8 ± 1,7 | 14,3 (10,3-24,7) |

Pmáx: potência aeróbica máxima; VO₂max: consumo máximo de oxigênio; FCmáx: frequência cardíaca máxima; VE_{máx}: ventilação máxima; [La]máx: concentração sanguínea de lactato máxima; IC: intervalo de confiança.

Tabela 6. Variáveis sub-máximas provenientes dos testes incrementais do grupo controle (C).

| Variáveis | Teste 1 | Teste 2 | CV (%) (IC) |
|--|------------|------------|---------------|
| IAT (W) | 266 ± 33 | 260 ± 35 | 5,4 (3,9-9,0) |
| IAT (L.min ⁻¹) | 3,9 ± 0,4 | 3,8 ± 0,5 | 5,4 (3,9-9,1) |
| IAT (bpm) | 157 ± 5 | 155 ± 9 | 3,3 (2,4-5,5) |
| OBLA (W) | 297 ± 38 | 292 ± 41 | 4,0 (2,9-6,7) |
| OBLA (L.min ⁻¹) | 4,3 ± 0,5 | 4,2 ± 0,5 | 4,5 (3,2-7,4) |
| OBLA (bpm) | 167 ± 6 | 165 ± 7 | 2,5 (1,9-4,2) |
| EC (W.L ⁻¹ .min ⁻¹) | 72,1 ± 3,8 | 72,3 ± 5,8 | 4,5 (3,2-7,4) |
| EB (%) | 21,0 ± 1,2 | 20,9 ± 1,7 | 4,7 (3,4-7,8) |

IAT: limiar anaeróbico individual; OBLA: início de acúmulo do lactato sanguíneo. EC: economia; EB: eficiência bruta.

4.2.2 Grupo *Crash-training* (CT)

As tabelas 7 e 8 apresentam os resultados das variáveis máximas e sub-máximas, respectivamente, provenientes de dois testes incrementais pré-treinamento do grupo CT. Conforme pode-se observar, não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis analisadas e o CV foi baixo para todas as variáveis, exceto [La]máx. Sendo assim, percebe-se que o nível de aptidão física dos ciclistas do grupo CT não foi alterado na primeira semana dos estudos. Portanto, a semana pré-treinamento é considerada como controle para este mesmo grupo. A partir desta análise optou-se por realizar a média dos testes 1 e 2 para representar o estado de aptidão física pré-treinamento que foi comparado com os testes pós-treinamento (3 e 4, Figura 4).

Tabela 7. Variáveis máximas provenientes dos testes incrementais pré-treinamento do grupo *crash training* (CT).

| Variáveis | Pré 1 | Pré 2 | CV (%) (IC) |
|---|------------|------------|------------------|
| Pmáx (W) | 335 ± 27 | 337 ± 27 | 1,9 (1,4-3,1) |
| VO ₂ max (L.min ⁻¹) | 4,6 ± 0,5 | 4,6 ± 0,3 | 5,1 (3,7-8,5) |
| VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 61,4 ± 5,1 | 61,9 ± 4,6 | 4,6 (3,3-7,6) |
| FCmáx (bpm) | 180 ± 9 | 178 ± 8 | 1,6 (2,1-3,6) |
| Vemáx (L.min ⁻¹) | 171 ± 9 | 172 ± 15 | 5,1 (3,7-8,5) |
| [La]máx (mmol.l ⁻¹) | 8,4 ± 1,1 | 8,0 ± 1,8 | 19,8 (14,1-34,5) |

Tabela 8. Variáveis sub-máximas provenientes dos testes incrementais pré-treinamento do grupo *crash training* (CT).

| Variáveis | Pré 1 | Pré 2 | CV (%) (IC) |
|--|------------|------------|---------------|
| IAT (W) | 259 ± 34 | 261 ± 33 | 2,0 (1,5-3,3) |
| IAT (L.min ⁻¹) | 3,9 ± 0,5 | 3,9 ± 0,4 | 4,9 (3,5-8,1) |
| IAT (bpm) | 154 ± 8 | 154 ± 11 | 3,1 (2,2-5,1) |
| OBLA (W) | 293 ± 33 | 296 ± 32 | 2,4 (1,8-4,0) |
| OBLA (L.min ⁻¹) | 4,2 ± 0,5 | 4,3 ± 0,4 | 4,9 (3,5-8,2) |
| OBLA (bpm) | 165 ± 7 | 162 ± 11 | 2,9 (2,1-4,8) |
| EC (W.L ⁻¹ .min ⁻¹) | 71,1 ± 3,4 | 72,8 ± 4,3 | 4,0 (2,9-6,7) |
| EB (%) | 20,4 ± 0,9 | 21,1 ± 1,2 | 3,5 (2,6-6,0) |

A tabela 9 apresenta as variáveis máximas provenientes dos testes incrementais pré e pós-treinamento do grupo CT. Os resultados indicam que a Pmáx (5,6%), VEmáx (4,8%) e [La]máx (16,5%) foram significativamente maiores após sete dias do término do treino ($p < 0,05$). Além disso, houve um aumento ainda maior na Pmáx (7,6%), enquanto que a VEmáx (4,7%) e [La]máx (16,5%) permaneceram em valores similares após 14 dias de treinamento. O VO₂max absoluto (4,6%) e relativo (4,3%) aumentou significativamente apenas após 14 dias do treinamento ($p < 0,05$). Não houve diferenças significativas em todas as variáveis entre Pós 1 e Pós 2.

Tabela 9. Variáveis máximas provenientes dos testes incrementais pré e pós-treinamento do grupo *crash training* (CT).

| Variáveis | Pré | Pós 1 | ES (1) | Pós 2 | ES (2) |
|--|------------|------------------------|--------|-------------------------|--------|
| Pmáx (W) | 335 ± 27 | 355 ± 34 ^a | 0,62 | 362 ± 29 ^a | 0,89 |
| VO ₂ max (L.min ⁻¹) | 4,6 ± 0,4 | 4,7 ± 0,5 | 0,25 | 4,8 ± 0,4 ^a | 0,35 |
| VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) | 61,7 ± 4,8 | 62,7 ± 5,9 | 0,21 | 64,4 ± 4,9 ^a | 0,64 |
| FCmáx (bpm) | 179 ± 8 | 180 ± 8 | 0,13 | 181 ± 10 | 0,22 |
| VE _{máx} (L.min ⁻¹) | 172 ± 11 | 180 ± 12 ^a | 0,70 | 180 ± 15 ^a | 0,62 |
| [La]máx (mmol.l ⁻¹) | 8,2 ± 1,1 | 9,5 ± 1,3 ^a | 1,08 | 9,7 ± 2,2 ^a | 0,91 |

^ap<0,05 diferente de pré.

A tabela 9 apresenta o *effect size* (ES) entre as variáveis pré e após sete e 14 dias do término do treinamento. O ES abaixo e próximo a 0,2 indica um efeito trivial a pequeno, estes valores corroboram com as variáveis que não houveram diferenças significativas nas médias após treinamento (Tabela 9). Após duas semanas do término do treinamento os valores de ES foram maiores para a Pmáx e VO₂max.

A tabela 10 apresenta as variáveis sub-máximas provenientes dos testes incrementais pré e pós-treinamento do grupo CT. Os resultados indicam que a potência no IAT e em OBLA foram significativamente maiores após sete (5,2% e 3,8%; p < 0,05) e 14 dias do término do treinamento (5,5% e 4,5% ;p < 0,05), respectivamente. Também encontrado um ES de trivial a pequeno para a potência no IAT e OBLA sete e quatorze dias pós-treino (Tabela 10). Além disso, a EC e EB foram significativamente maiores após sete (3,4% e 3,4%; p < 0,05) e 14 dias do término do treinamento (3,9 % e 4,5%; p < 0,05). Não houve diferenças significativas em todas as variáveis entre Pós 1 e Pós 2. Além disso, não houve diferenças significativas nos valores absolutos de VO₂ e FC no IAT e OBLA pré e pós treinamento.

Tabela 10. Variáveis sub-máximas provenientes dos testes incrementais pré e pós-treinamento do *crash training* (CT).

| Variáveis | Pré | Pós 1 | ES (1) | Pós 2 | ES (2) |
|---|------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|
| IAT (W) | 260 ± 34 | 273 ± 32 ^a | 0,39 | 275 ± 36 ^a | 0,43 |
| IAT (L.min ⁻¹) | 3,9 ± 0,4 | 3,9 ± 0,5 | 0,00 | 3,9 ± 0,5 | 0,25 |
| IAT (bpm) | 153 ± 9 | 155 ± 12 | 0,19 | 155 ± 12 | 0,19 |
| OBLA (W) | 294 ± 32 | 305 ± 32 ^a | 0,34 | 308 ± 35 ^a | 0,42 |
| OBLA (L.min ⁻¹) | 4,3 ± 0,4 | 4,3 ± 0,4 | 0,00 | 4,4 ± 0,4 | 0,00 |
| OBLA (bpm) | 164 ± 8 | 165 ± 11 | 0,11 | 164 ± 10 | 0,00 |
| EC (W.L ⁻¹ .min ⁻¹) | 72,0 ± 3,3 | 74,2 ± 3,8 ^a | 0,60 | 75,3 ± 3,9 ^a | 0,74 |
| EB (%) | 20,8 ± 1,0 | 21,5 ± 1,2 ^a | 0,64 | 21,7 ± 1,1 ^a | 0,86 |

^ap<0,05 diferente de pré.

A tabela 11 apresenta os percentuais de alterações e o ES pré e pós-treinamento entre os grupo CT e C. A Pmáx e os limiares fisiológicos tiveram um maior aumento percentual entre 6 a 8% após sete e 14 dias do término dos treinos. A EC e EB também seguiram este comportamento em menor proporção variando de 3 a 5% após treinamento. É possível afirmar que o VO₂max não apresentou um aumento expressivo após uma semana de recuperação, sendo necessário mais tempo (14 dias) para se observar maiores aumentos percentuais do grupo CT em relação ao grupo C. A VEmáx aumentou 5,7% e permaneceu neste valor após o período total de recuperação. De forma geral, a EB se tornou maior para todas as variáveis após o período de duas semanas de recuperação do treinamento intenso.

Tabela 11. Percentual de mudanças e *effect size* pré e pós-treinamento entre o grupo *crash training* (CT) e controle (C).

| Variáveis | Pré-pós 1 | | Pré-pós 2 | |
|--------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | CT-C (IC) | ES (IC) | CT-C (IC) | ES (IC) |
| P _{máx} | 6,5% (3,7-9,3) | 0,51 (0,29-0,73) | 8,5% (6,6-10,4) | 0,66 (0,52-0,81) |
| VO ₂ max | 1,3% (-4-6,8) | 0,11 (-0,35-0,57) | 4,8% (-0,3-10,1) | 0,40 (-0,03-0,83) |
| VO ₂ max.kg ⁻¹ | 2,1% (-2,5-6,8) | 0,14 (-0,17-0,44) | 4,9% (0,7-9,2) | 0,32 (0,05-0,39) |
| VE _{máx} | 5,7% (1,7-9,8) | 0,55 (0,17-0,93) | 5,7% (0,4-11,3) | 0,56 (0,04-1,07) |
| IAT | 7,8% (3,0-11,7) | 0,55 (0,25-0,86) | 8,1% (3,3-13,1) | 0,58 (0,24-0,91) |
| OBLA | 7,3% (3,4-12,3) | 0,55 (0,23-0,87) | 8,0% (3,5-12,6) | 0,60 (0,27-0,94) |
| EC | 4,2% (-0,2-8,8) | 0,58 (-0,18-1,34) | 5,3% (1,0-9,8) | 0,95 (0,19-1,72) |
| EB | 3,2% (-1,0-7,6) | 0,58 (-0,18-1,34) | 3,8% (-0,3-8,0) | 0,68 (-0,05-1,41) |

IC: intervalo de confiança.

4.3 TESTE DE *PERFORMANCE*: CONTRA-RELÓGIO NO CICLISMO

As tabelas 12 e 13 apresentam os resultados das variáveis provenientes de dois testes de contra-relógio do grupo C e do CT, respectivamente antes do treinamento. Conforme pode-se observar, não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis analisadas e baixo CV em ambos os grupos.

Tabela 12. Variáveis provenientes do contra-relógio de 20 km do grupo controle (C).

| Variáveis | Grupo Controle (C) | | |
|--------------------|--------------------|------------|---------------|
| | Teste 1 | Teste 2 | CV (%) (IC) |
| Potência média (W) | 292 ± 41 | 285 ± 38 | 3,6 (2,6-6,0) |
| Tempo final (min) | 37,7 ± 3,8 | 38,1 ± 3,5 | 1,9 (1,4-3,2) |
| FC (bpm) | 169 ± 10 | 167 ± 12 | 3,2 (2,3-5,3) |
| Cadência (RPM) | 88 ± 6 | 87 ± 7 | 3,3 (2,4-5,5) |

Tabela 13. Variáveis provenientes do contra-relógio de 20 km do grupo *crash training* (CT).

| Variáveis | Grupo <i>Crash training</i> (CT) | | |
|--------------------|----------------------------------|------------|---------------|
| | Pré 1 | Pré 2 | CV (%) (IC) |
| Potência média (W) | 276 ± 27 | 279 ± 27 | 4,1 (3,0-6,9) |
| Tempo final (min) | 38,7 ± 2,6 | 38,2 ± 2,2 | 2,7 (2,0-4,5) |
| FC (bpm) | 168 ± 8 | 165 ± 9 | 2,9 (2,1-4,9) |
| Cadência (RPM) | 95 ± 9 | 91 ± 5 | 5,3 (3,8-8,8) |

A tabela 14 apresenta as variáveis provenientes dos testes de contra-relógio pré e pós-treinamento do grupo CT. Novamente, optou-se por calcular a média dos dados dos testes pré-treinamento. Os resultados indicam que a potência média foi significativamente maior após sete (3,9%) e 14 dias (6,9%) ao término do treino. Em paralelo, o tempo final foi significativamente menor após sete (-2,6%) e 14 dias (-4,2%) do final do treinamento. Não houve diferenças significativas em todas as variáveis entre Pós 1 e Pós 2.

Tabela 14. Variáveis provenientes do contra-relógio pré e pós-treinamento do grupo *crash training* (CT).

| Variáveis | Pré | Pós 1 | ES (1) | Pós 2 | ES (2) |
|--------------------|------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|
| Potência média (W) | 277 ± 26 | 288 ± 28 ^a | 0,41 | 296 ± 25 ^a | 0,75 |
| Tempo final (min) | 38,4 ± 2,3 | 37,4 ± 2,1 ^a | -0,45 | 36,8 ± 1,8 ^a | -0,78 |
| FC (bpm) | 166 ± 8 | 168 ± 10 | 0,23 | 168 ± 10 | 0,22 |
| Cadência (RPM) | 93 ± 7 | 89 ± 6 | -0,27 | 90 ± 6 | -0,23 |

^ap<0,05 diferente de pré.

4.3.1 Pacing durante o contra-relógio pré e pós-treinamento

A figura 7 representa o comportamento da potência produzida ao longo do teste de *performance* do grupo C. O comportamento da potência foi similar em ambos os testes, não sendo encontradas diferenças significativas em todos os momentos entre os testes.

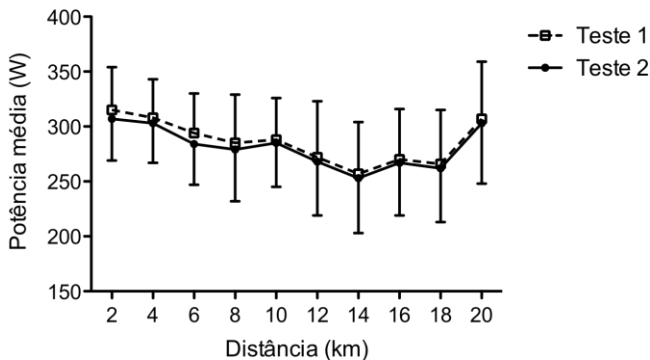


Figura 7. Comportamento da potência média pré e pós-treinamento no contra-relógio do grupo controle (C).

A figura 8 representa o comportamento da potência média a cada dois km ao longo do contra-relógio do grupo *crash-training*. A potência foi significativamente maior no teste pós-treino 1 no km 2, 4 e 16 ao comparada com a potência pré-treinamento. Após 14 dias do término do treinamento, a potência foi significativamente maior em todos os momentos desde o início do teste até o km 10. A potência também foi maior no km 16 e km 20 no pós-treinamento 2 ao comparado com o teste pré-treinamento.

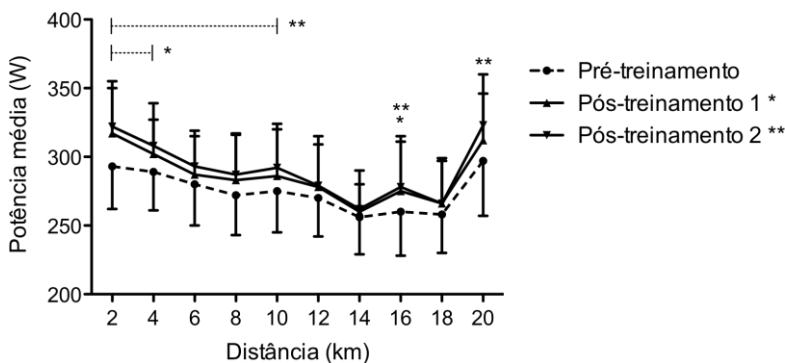


Figura 8. Comportamento da potência média pré e pós-treino no contra-relógio do grupo *crash-training* (CT).

4.4 RESPOSTA DA POTÊNCIA DURANTE AS SESSÕES DE TREINO

A figura 9 representa os valores médios de potência pico (PP) e potência média (PM) em cada sessão de treino intervalado. Para a PP não houve diferenças significativas entre as sessões de treino (TIAI 1 = 507 ± 68 W; TIAI 4 = 486 ± 63 W e TIAI 7 = 494 ± 69 W). O mesmo comportamento também ocorreu com a PM (TIAI 1 = 460 ± 47 W; TIAI 4 = 455 ± 47 W e TIAI 7 = 456 ± 58 W).

Além disso, a figura 9 também apresenta que durante as sessões de treino os ciclistas permaneceram em média a 137%, 133% e 136% da $P_{m\acute{a}x}$ (335 ± 27 W) atingida no teste incremental pré-treino.

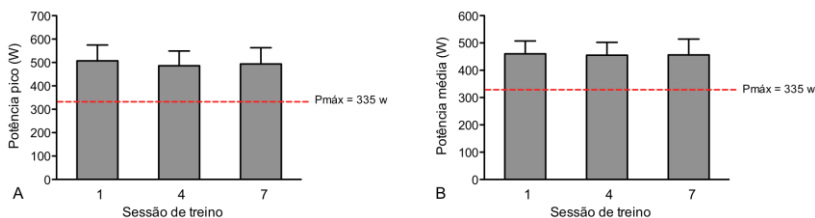


Figura 9. Valores médios da potência pico (A) e potência média (B) das sessões de treino.

Para os valores de PP, a *Anova two-way* demonstrou que não houve interação significativa entre os fatores treino e *sprint* ($F = 0,54$; $p = 0,71$), portanto não foi possível realizar o desdobramento entre os fatores. O mesmo também ocorreu com a PM ($F = 0,93$; $p = 0,48$). Para a PP e a PM os apenas os efeitos do fator *sprint* durante sessão de treino apresentaram diferenças significativas, respectivamente ($F = 11,05$; $p < 0,0001$; $F = 21,48$; $p < 0,0001$).

A representação de todos os *sprints* de 15 s, 30 s, e 45 s durante as sessões de treino estão representada nas figuras 10 e 11, respectivamente. Na primeira sessão de treino, a PP (Figura 10) do *sprint* de 15 s (552 ± 92 W) foi significativamente maior do que o *sprint* de 30 s (492 ± 73 W; $p = 0,03$) e o de 45 s (476 ± 68 W; $p < 0,0001$). Não houve diferenças ente os valores dos *sprints* de 30 s e 45 s ($p = 0,77$). Este comportamento também se repetiu durante a sessão de treino 4 (15 s = 536 ± 83 W; 30 s = 481 ± 64 W; 45 s = 468 ± 64 W) e na última (15 s = 557 ± 147 W; 30 s = 472 ± 64 W; 45 s = 455 ± 55 W), respectivamente.

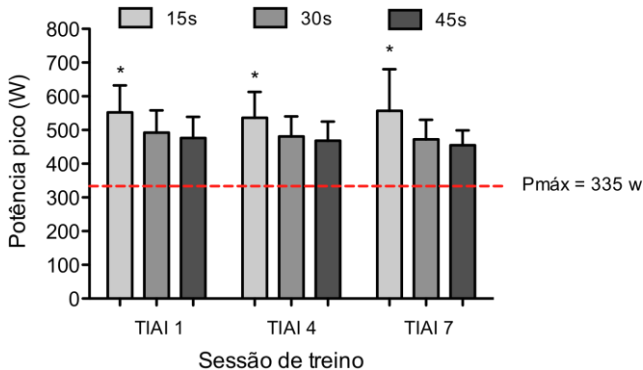


Figura 10. Valores médios da potência pico (PP) e dos *sprints* de 15, 30 e 45 segundos nas sessões de treino.

Na primeira sessão de treino, a PM (Figura 11) do *sprint* de 15 s (504 ± 72 W) foi significativamente maior do que o *sprint* de 30 s (450 ± 56 W; $p < 0,0001$) e o de 45 s (450 ± 56 W; $p < 0,0001$). Não houve diferenças ente os valores dos *sprints* de 30 s e 45 s ($p = 0,17$). Este comportamento também se repetiu durante a sessão de treino 4 (15 s = 497 ± 72 W; 30 s = 445 ± 52 W; 45 s = 424 ± 44 W) e na última (15 s = 513 ± 121 W; 30 s = 436 ± 57 W; 45 s = 419 ± 50 W), respectivamente.

Além disso, a PM de cada *sprint* separadamente indica que o ciclistas permaneceram entre 125% a 153% da Pmáx (335 ± 27 W) alcançada no teste incremental pré-treinamento (Figura 11).

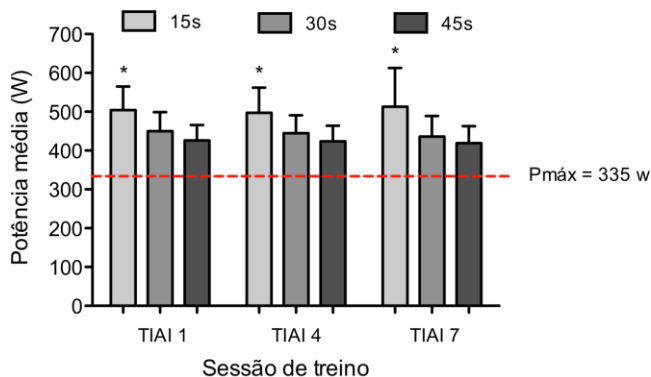


Figura 11. Valores médios da potência média (PM) e dos *sprints* de 15, 30 e 45 segundos nas sessões de treino.

Para os valores de PP e PM em cada set, a *Anova two-way* demonstrou que não houve interação significativa entre os fatores treino e set ($F = 0,92$; $p = 0,58$), portanto não foi possível realizar o desdobramento entre os fatores. O mesmo também ocorreu com a PM ($F = 0,47$; $p = 0,96$). Para a PP e a PM apenas os efeitos do fator set durante sessão de treino apresentaram diferenças significativas, respectivamente ($F = 7,43$; $p < 0,0001$; $F = 8,47$; $p < 0,0001$).

As figuras 12 e 13 representam o comportamento da PP e PM em cada set ao longo das sessões de treino intervalado 1, 4 e 7, respectivamente. Percebe-se que houve um comportamento similar da PP e PM nas sessões. A PP e PM foram significativamente maiores no set 1 se comparada com os demais, exceto o set 2 e 3 (Figuras 12 e 13, respectivamente – a; $p < 0,03$). A PP e PM no set 2 foi significativamente maior se comparada com os sets 6, 7, 8 e 9 (Figuras 12 e 13, respectivamente – b; $p < 0,03$), exceto o set 1 e entre 3, 4 e 5. A PM no set 3 foi significativamente maior se comparada com os sets 7, 8, 9 (Figura 13 – c; $p < 0,03$).

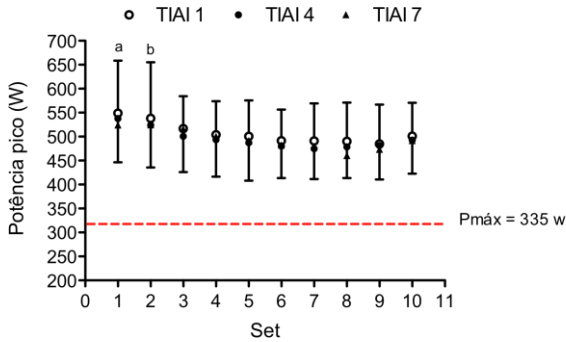


Figura 12. Comportamento dos valores médios da potência pico (PP) em cada set ao longo das sessões de treino.

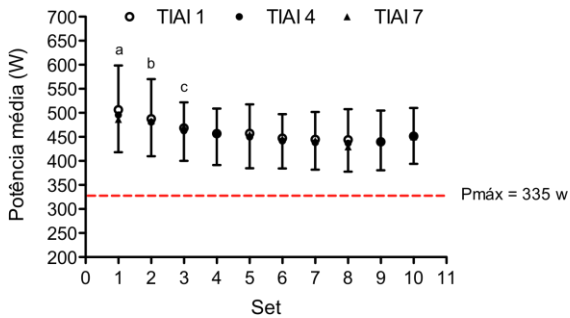


Figura 13. Comportamento dos valores médios da potência média (PM) em cada set ao longo das sessões de treino.

5 DISCUSSÃO

O principal achado deste estudo foi que o *crash-training* constituído por um bloco semanal de treinamento intervalado de alta intensidade, foi suficiente para aumentar os índices fisiológicos relacionados a potência e capacidade aeróbia e, também, a *performance* em uma prova simulada de contra-relógio de 20 km em ciclistas competitivos. Também foi verificado que o *pacings* durante o contra-relógio foi alterado após o treinamento em que os ciclistas aumentaram a potência nos primeiros 10 km e nos últimos quilômetros da prova. Além disso, os resultados das sessões de treinamento intervalado realizado pelos ciclistas indicam que a potência média e pico se mantiveram elevada durante os dias de treinamento monitorado, não ocorrendo queda expressiva na última sessão de treino. Sendo assim, os resultados após o período de treinamento, são destacados devido a não alteração nos índices fisiológicos e da *performance* do grupo controle e também da fase controle pré-treinamento do grupo de ciclistas que realizaram o treinamento físico.

5.1 TESTE INCREMENTAL

5.1.1 Consumo máximo de oxigênio e potência aeróbia máxima

Um dos principais resultados deste estudo foi que os ciclistas do grupo CT aumentaram significativamente o VO_{2max} absoluto (4,6%) e relativo (4,3%) após 14 dias do término do treinamento ($p < 0,05$). Em paralelo, a $P_{máx}$ aumentou significativamente após sete (5,6%) e 14 dias (7,6%) do término do treino ($p < 0,05$). Sendo assim, um período de aproximadamente duas semanas de recuperação parece mais adequado para obtenção de maiores ganhos nos índices aeróbios máximos em ciclistas treinados após o *crash-training*. Nossos resultados estão de acordo com estudos recentes que verificaram aumentos de aproximadamente (5-10% e 4-6%, respectivamente) no VO_{2max} e na $P_{máx}$ após um período curto e concentrado de treinamento físico em esquiadores (BREIL et al., 2010) e ciclistas (GROSS et al., 2007; RØNNESTAD et al., 2012a,b; STØREN et al., 2012).

O presente estudo agrupou as sessões de TIsup em sete dias consecutivos com apenas 24 horas de recuperação, sendo este modelo compreendido como um bloco de treinamento físico (ISSURIN, 2010). Um dos primeiros estudos em ciclistas verificaram os efeitos de um bloco de três dias consecutivos de treinamento nos índices fisiológicos

(GROSS et al., 2007). Neste estudo, os autores dividiram os atletas em dois grupos de T_{Imáx}, o G1 treinou três dias consecutivos de treino separados por quatro dias de descanso ou treino leve; e o G2 realizou o T_{Imáx} na forma tradicional em três dias por semana separados por 48-72 horas de descanso ou treino leve. O treinamento consistiu em 8 esforços de dois minutos e trinta segundos na P_{máx} separados por 4 minutos de recuperação ao longo de três semanas. Após treinamento, ambos os grupos apresentaram um aumento similar no VO₂max (5,7%) e P_{máx} (7,2%) indicando possíveis efeitos positivos de um período curto de treinos consecutivos.

Recentemente, Rønnestad et al. (2012a) verificaram os efeitos de uma periodização de 3 meses na *performance* e nos índices fisiológicos de ciclistas treinados. Cada mês foi separado da seguinte forma: um bloco semanal de T_{Isub} seguido de três semanas de treinamento contínuo (incluindo uma sessão de T_{Isub} por semana). Nas sessões de T_{Isub} os ciclistas realizaram entre 5-6 esforços de 5-6 min de duração na intensidade entre 85 a 100% da FC_{máx}, separados por pausa de ~ 3 minutos. Os resultados mostraram que o VO₂max e a P_{máx} aumentaram significativamente após treinamento (8,8% e 6,2%, respectivamente, $p < 0,05$). Em outro estudo, Breil et al. (2010) investigaram os efeitos de um bloco de treinamento de 11 dias no índices fisiológicos em esquiadores treinados. Os atletas realizaram três dias consecutivos de treino e descansaram um dia ao longo dos 11 de treinamento. O treinamento foi constituído de 4 esforços de 4 minutos a 90-95% da FC_{máx} separados por pausa ativa de 3 minutos. Os esforços foram alternados sendo um dia realizado no ciclo-ergômetro e outro dia em um circuito de exercícios específicos que se assemelham ao esqui. Os autores mostraram que os esquiadores tiveram ganhos significativos no VO₂max (5-6%, $p < 0,01$) e na P_{máx} (4,4-5,5% $p < 0,01$) após sete dias do término do treinamento.

A intensidade do treinamento tem sido considerada como a variável mais importante que pode ser manipulado para a melhora do VO₂max (MIDGLEY et al., 2007). Além disso, a intensidade também pode explicar o aumento no VO₂max de ciclistas durante o período de transição entre a preparação básica e a fase pré-competitiva e competitiva, durante a qual é normalmente realizado o aumento da intensidade de treinamento (HOPKER et al., 2009). Dessa forma, alguns autores têm sugerido que para aumentar o VO₂max deve-se treinar a 90-100% do VO₂max (BILLAT et al., 2001a). O modelo tradicional sugere que ciclistas treinados que acrescentaram duas sessões por semana de T_{Isub} (80-90% do VO₂max) ao longo de 4-8 semanas obtiveram ganhos

na Pmáx entre 3-8% mas não no VO₂max (LINDSAY et al., 1996; WESTON et al., 2007; HAWLEY et al., 2007; WESTGARTH-TAYLOR et al., 2007). Neste mesmo modelo realizando treinos de 2-3 vezes por semana, foi observado ciclistas treinados apresentaram ganhos no VO₂max em aproximadamente 5% quando o treinamento foi realizado a 100% do VO₂max (TImáx) ou acima (TIsup) (CREER et al., 2004; LAURSEN et al., 2002b; LAURSEN et al., 2005).

Ao observarmos os treinamentos realizados na periodização em blocos nos estudos de Breil et al. (2010) e Rønnestad et al. (2012a,b) percebe-se que a intensidade dos estímulos foram realizadas entre 85 a 100% da FCmáx durante cerca de 4-6 min., o que corresponde as características do TIsup apresentado previamente na revisão de literatura. Provavelmente os esforços realizados nesta intensidade e duração, atingiram o VO₂max durante as sessões de treino e permaneceram durante grande parte da extensão do estímulo. Sendo assim, acredita-se que além do tipo de treino, o período concentrado na forma de blocos também possa ter contribuído para promover um distúrbio adicional no organismo acima do convencional (MEEUSEN et al., 2006) e contribuído para ganhos concomitantes no VO₂max e Pmáx nos atletas.

Outra questão a ser observada está relacionada aos valores de VO₂max pré-treinamento pois ciclistas com valores mais baixos podem ser mais sensíveis ao treinamento (LAURSEN et al., 2005). Portanto, o VO₂max dos ciclistas do estudo de Rønnestad et al. (2012a,b) (~ 62-68 ml.kg⁻¹.min⁻¹) são compatíveis com os do presente estudo (~ 62-65 ml.kg⁻¹.min⁻¹). Para estes valores, os atletas são considerados bem treinados, mas ainda sim podem ser mais responsivos aos treinos pois não atingiram status de profissionais em que o VO₂max está próximo de 70-80 ml.kg⁻¹.min⁻¹ (FARIA et al., 2005; LUCIA et al., 2000). Embora alguns estudos tenham mostrado aumentos no VO₂max e Pmáx em ciclistas ao longo da temporada (SANTALLA et al., 2008; HOPKER et al., 2009), outros sugerem que com os anos de treinamento realizado por ciclistas profissionais, ocorre aumento na Pmáx sem aumento concomitante no VO₂max (LUCIA et al., 2000). A causa mais provável está relacionada ao fato de que os aumentos estariam relacionados a variáveis periféricas e não ha variáveis centrais. Acredita-se que uma melhora no custo de O₂ em intensidades sub-máximas permitiriam que os ciclistas profissionais pudessem atingir uma potência maior e conseqüentemente sustentar valores próximos a 90% do VO₂max em eventos maiores que 30 minutos (LUCIA et al., 2000).

Os estudos que investigaram os efeitos do TIAI no componente central são mais escassos e a grande maioria foram realizados em indivíduos sedentários com resultados controversos (SLOTH et al., 2013). Ciclistas treinados geralmente apresentam o débito cardíaco (i.e. volume sistólico) desenvolvido e os ganhos no $VO_2\text{max}$ e *performance* talvez estejam associados ao aumento no volume sanguíneo e a massa da hemoglobina, além dos prováveis ganhos em fatores periféricos já mencionados (HEINICKE et al., 2001; RØNNESTAD et al., 2012a; JONES; CARTER, 2000). Recentemente, um estudo demonstrou que os efeitos do treinamento realizado em blocos foram suficientes para aumentar em ~ 5,5% a massa de hemoglobina em ciclistas treinados e concomitantemente o $VO_2\text{max}$ (RØNNESTAD et al., 2012a). No entanto, neste estudo não foi realizada nenhuma medida direta sobre o débito cardíaco assim como outras medidas centrais e periféricas que expliquem os aumentos do $VO_2\text{max}$.

Os *sprints* supra-máximos de 30 s de duração permitem que os sujeitos atinjam valores próximos ou acima 90% do $VO_2\text{max}$ (ROZENEK et al., 2007; WAKEFIELD; GLAISTER, 2009). O presente estudo não monitorou a resposta fisiológica durante as sessões de treinos, no entanto, em dados recentes e não publicados do nosso laboratório indicam que durante uma sessão aguda de *crash training*, os ciclistas alcançam valores próximos ao $VO_2\text{max}$ durante os *sprints* de 30 s e 45 s. O tempo acumulado em intensidade próxima ao $VO_2\text{max}$ durante cada sessão de treino também pode explicar os ganhos nos índices fisiológicos e na *performance* aeróbia no ciclismo encontrado neste estudo. Outra possibilidade está associada a biogênese mitocondrial mencionada previamente na revisão de literatura. Psilander et al. (2010) verificaram os efeitos de duas sessões agudas de treinamento de alta intensidade na expressão gênica mitocondrial em ciclistas treinados. No primeiro protocolo, os atletas realizaram sete *sprints all out* separados por 4 min de pausa. O segundo protocolo, os ciclistas pedalarão 3 esforços de 20 min próximos de 87% do $VO_2\text{max}$. Os resultados indicaram que ambas sessões agudas foram suficientes para aumentar a expressão gênica, no entanto, apenas após a realização do TIsup, houve maior expressão do fator de transcrição A (Tfam) que atua diretamente na regulação de PGC1-alpha e conseqüentemente na biogênese mitocondrial. De fato, diversos estudos já apresentaram os efeitos do TIsup no potencial aeróbio (BURGOMASTER et al., 2005; GIBALA et al., 2006; GIBALA; JONES, 2013). Isto também se confirma em ciclistas no estudo de Rønnestad et al. (2014) que verificaram que o TIsup (i.e. Wingate) induz a maiores ganhos nos

índices fisiológicos e na *performance* se comparado com o T_{Isub} (i. e. 4 x 5 min. a 85 a 100% da FC_{máx}). Neste estudo, os autores adicionaram duas sessões de TIAI por semana no dia-a-dia de treinamento dos ciclistas ao longo de 10 semanas. Os resultados indicaram que o grupo T_{Isub} aumentou o VO₂max, a P_{máx}, a potência em OBLA e a *performance* no contra-relógio de 40 min entre 8% a 12%, respectivamente (P < 0,05). No entanto, o grupo T_{Isub} não teve alterações significativas nestas medidas após treinamento.

Sendo assim, este estudo demonstrou que o um período curto de sete dias consecutivos de T_{Isub} apresentou melhora no VO₂max (~4,5%) e P_{máx} (~7,5%) em ciclistas treinados após 14 dias do término dos treinos. Acredita-se que o valor pré-treinamento do VO₂max associado com a sobrecarga imposta pelos dias consecutivos de T_{Isub} sejam determinantes para o ganhos na potência aeróbia. De forma geral, estudos de intervenção física em ciclistas realizados no modelo tradicional demonstram que os aumentos no VO₂max são observados após T_Imáx ou T_Isup (CREER et al., 2002; LAURSEN et al., 2002b; LAURSEN et al., 2005). Isto se enfatiza ao perceber que todos os estudos que adicionaram o T_{Isub} no programa de treinamento de ciclistas treinados foram suficientes para aumentar significativamente a P_{máx} mas não o VO₂max (LINDSAY et al., 1996; WESTON et al., 2007; HAWLEY et al., 2007; WESTGARTH-TAYLOR et al., 2007; STEPTO et al., 1999). Recentemente, o modelo de treinamento físico realizado na forma de bloco curto e consecutivo promoveu aumentos rápidos no VO₂max e P_{máx} em atletas treinados (GROSS et al., 2007; BREIL et al., 2010; RØNNESTAD et al., 2012a,b; STOREN et al., 2012), sendo reforçado pelo presente estudo.

5.1.2 Limiares de lactato

O *crash training* aqui estudado foi realizado com T_{Isub} concentrado em um bloco semanal. Após o período intenso de treinamento, os ciclistas tiveram aumento significativo no IAT e OBLA após sete (5,2% e 3,8%) e após 14 dias do término (5,5% e 4,5%), respectivamente (p < 0,05).

Estudos longitudinais em ciclistas treinados e profissionais demonstram que o aumento na potência dos limiares fisiológicos variam entre 3% a 18% ao longo da temporada de treinamento e competições (LUCIA et al., 2000; HOPKER et al., 2009). Em ciclistas juniores este aumento foi um pouco menor na fixa de 3%, no entanto, o monitoramento foi apenas na fase de preparação básica (GUELLICH;

SEILER; 2010). Estes resultados referentes aos atletas adultos são similares aos estudos sobre os efeitos da adição de um período curto (~ 4 semanas) de TImáx e TIsup em ciclistas treinados, que encontraram aumentos de 9% a 24% na potência dos limiares ventilatórios (LAURSEN et al., 2002b; LAURSEN et al., 2005). Recentemente, Breil et al. (2011) observaram aumentos nos limiares fisiológicos (9,6% $p < 0,01$) após um bloco de 11 dias de TIsup em esquiadores. Em adição, Rønnestad et al. (2012a) encontraram aumentos de 10% na potência referente a concentração fixa de 2 mmol.L^{-1} em ciclistas treinados após um bloco de TIsup.

Tradicionalmente, treinadores e atletas acreditam que o treinamento contínuo de moderada a alta intensidade seria o método ideal para desenvolver os limiares fisiológicos (MIDGLEY et al., 2007). No entanto, um aumento de 103% no volume de treinamento na intensidade próxima aos limiares fisiológicos ao longo de 4 semanas não foi suficiente para aumentar o limiar de lactato de corredores treinados de longa distância (LEHMANN et al., 1991). Vários autores têm sugerido que efetivamente as cargas de treinamento podem ser prescritas com base nos limiares fisiológicos em resposta a um teste de exercício incremental (BOULEY, 1995; MIDGLEY et al., 1997). Comprovadamente, alterações nos limiares fisiológicos em ciclistas treinados ocorrem ao longo da temporada, no entanto, ainda não se sabe corretamente se somente alterações no volume de treinamento são suficiente para se observar tais aumentos nos limiares (HOPKER et al., 2009). Até o presente momento, os estudos demonstram que treinar em alta intensidade tem sido um estímulo efetivo para ganhos nos limiares fisiológicos (LAURSEN; JENKINS, 2002). Os estudos citados na revisão de literatura indicam que acrescentar sessões de TImáx e TIsup ao longo de algumas semanas (LAURSEN et al., 2005) e assim como realizar um bloco de dias consecutivos de treinamento promovem ganhos na intensidade referente aos limiares fisiológicos em ciclistas treinados (RØNNESTAD et al., 2012a,b).

O modelo de adaptações orgânicas provenientes do treinamento em ciclistas sugerido por Hawley e Stepto (2001) apresenta que os limiares fisiológicos estão altamente relacionados com a capacidade do ciclista em sustentar altos valores de potência durante as competições. De fato, um dos principais atributos de ciclistas profissionais é a sua capacidade de sustentar altas taxas de trabalho absoluto por períodos prolongados enquanto mantém estáveis os níveis de lactato no sanguíneo (PADILLA et al., 2000). Após o treinamento aeróbico, há uma menor dependência da glicólise para fornecer energia na mesma

intensidade absoluta de exercício. O resultado é um menor acúmulo de lactato em intensidades absolutas e conseqüentemente um aumento nos limiares de lactato devido a uma redução na sua taxa de produção (FAVIER et al., 1986).

Juntamente com a taxa de produção de lactato reduzida, com o treinamento também ocorre aumento na sua remoção (PHILLIPS et al., 1995; MACRAE et al., 1992; DUBOUCHAUD et al., 2000). A taxa de transporte de lactato para o meio intra e extra celular ocorre devido ao aumento da disponibilidade de transportadores de lactato para fora do músculo esquelético, por exemplo, monocarboxilato de transporte de proteínas (MCT) (JUEL; HALESTRAP; 1999; DUBOUCHAUD et al., 2000). O MCT1 é o principal transportador localizado nas fibras musculares de contração lenta (MCCULLAGH et al., 1996), já o MCT4 está localizado em diferentes fibras musculares (WILSON et al., 1998). Parece que a concentração de MCT4 não aumenta tanto quanto a concentração de MCT1 após treinamento aeróbio (PILEGAARD et al., 1999a; PILEGAARD et al., 1999b). Além disso, o MCT4 é menos ativo em concentrações de lactato inferiores a 10 mmol.L^{-1} (JUEL; HALESTRAP; 1999) sugerindo que o TIAI deve ser realmente executado ao extremo, em que a intensidade dos esforços permitam obter uma concentração de lactato elevada. Também é possível que a expressão e a concentração de MCT1 no músculo esquelético seja aumentada após o treino intenso (PILEGAARD et al., 1999a; PILEGAARD et al., 1999b; WILSON et al., 1998).

A capacidade de transporte de lactato também pode ser melhorada a partir de um aumento na densidade capilar devido a um aumento da área de troca e uma diminuição da distância entre o local de produção de lactato e da parede capilar (MESSONIER et al., 2002). Alterações na angiogênese estão associadas com o aumento do fluxo de sangue aos tecidos (HELLSTEN et al., 2008). A intensidade do exercício parece fornecer um estímulo maior para o desenvolvimento capilar ao ser comparado com a duração do exercício (IAIA et al., 2009). De fato, o aumento da capilarização muscular ocorreu após treinamento de alta intensidade realizado a $150\% \text{ VO}_2\text{max}$ (JENSEN et al., 2004).

Além disso, estudos mostram que a capacidade de tamponamento muscular aumentou em maior magnitude após treinamento de alta intensidade ao ser comparado com o de moderada intensidade em sujeitos ativos (EDGE et al., 2006). De fato, o TISub também aumentou a capacidade de tamponamento muscular em ciclistas treinados (WESTON et al., 1997). Durante a sessão de TIAI ocorre uma gradativa

queda do PH e os mecanismos de controle do PH são extremos (HARGREAVES; SPRIET, 2008). Com o PH reduzido no organismo, ocorre uma maior capacidade de tamponamento muscular para auxiliar a manutenção do pH e portanto, possivelmente aumentar os limiares fisiológicos (COSTILL et al., 1984).

Sendo assim, as sessões de treinamento do *crash training* apresenta uma característica metabólica mista na qual a intensidade e a duração média são compatíveis a de um treino aeróbio (~ 90 min) mas com elevada participação do metabolismo anaeróbio. Portanto, é possível que um aumento da intensidade referente ao IAT e OBLA encontrados seja devido a diversos fatores abordados anteriormente. Até o presente momento, apenas o aumento na capacidade de tamponamento do muscular e diminuição da contribuição de glicogênio muscular assim como o aumento da participação de gorduras tem sido relatados após TIsup em ciclistas treinados (WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997).

5.1.3 Economia (EC) e eficiência bruta (EB)

Este é o primeiro estudo que demonstra que os efeitos de um bloco semanal de TIAI foram significativos na economia (EC) e eficiência bruta (EB) após duas semanas do término do treinamento ($4,4 \pm 3,5\%$ e $5,1 \pm 3,9\%$; respectivamente) em ciclistas competitivos. Além disso, os dados demonstram que os ganhos já ocorreram após uma semana do final dos treinos (3-4%) e que foram superiores na semana seguinte.

Os estudos que verificam os efeitos da adição do treinamento de força na rotina dos treinamentos de ciclistas apresentam evidências que a economia e/ou eficiência de pedalada aumente após treinamento (BAASTIANS et al., 2001; PATON; HOPKINS, 2004; RØNNESTAD; MUJKA, 2013; SUNDE et al., 2010). Acredita-se que com o desenvolvimento da força máxima, o pico de tensão gerado durante cada ciclo de pedalada poderia diminuir para uma baixa porcentagem em relação ao máximo, permitindo um aumento da participação de fibras musculares do tipo I e atenuação no recrutamento de fibras do tipo II (HICKSON et al., 1988). Neste sentido, poderia se levar ao aumento da eficiência porque classicamente vem sendo associada com as porcentagens das fibras musculares do tipo I ($r \sim 0,75$; $p < 0,001$) (COYLE et al., 1992; HOROWITZ et al., 1994).

Recentemente, Hopker et al. (2010) acrescentaram duas sessões de TIAI por semana no dia-a-dia de treinamento de ciclistas ao longo de

seis semanas. Na primeira sessão de treinos foram realizados esforços próximo na intensidade do OBLA e na segunda sessão, *sprints* supra-máximos de 10, 20, 30 e 40 s. Os autores encontraram que a EB aumentou de 19,9% para 21,5% após treinamento. Para nosso conhecimento, Hopker et al. (2010) foram os primeiros a demonstrar que a EB pode ser aumentada após seis semanas de TIAI em ciclistas. Estes achados ainda se tornam mais interessantes porque os autores monitoraram os ciclistas por mais seis semanas após o término do treinamento, sendo que neste período não foi realizado nenhum tipo de treinos de alta intensidade. Ao final, os ciclistas não tiveram alterações na EB ao comparado com o período pós-treinamento (HOPKER et al., 2010). Em outro estudo, Paton e Hopkins (2005) também encontraram reduções no custo de O₂ durante o ciclismo (- 3%) após 5 semanas de TIAI combinado com treinamento de força (potência) em ciclistas competitivos. O desenho experimental apresentou sucessivos *sprints* supra-máximos de 30 s seguidos por saltos unilaterais pliométricos. Devido a característica mista do treinamento, não é possível saber a natureza exata dos ganhos em economia porque há indícios de que ambos os tipos de treino melhoram a economia e eficiência em ciclistas (BAASTIANS et al., 2001; HOPKER et al., 2010; RØNNESTAD; MUJKA, 2013).

Os poucos estudos longitudinais realizados em ciclistas profissionais indicam que a eficiência aumenta ao longo da temporada competitiva (HOPKER et al., 2009; SANTALLA et al., 2009) sendo que apenas um estudo não encontrou alterações significativas na eficiência (SASSI et al., 2008). Santalla et al. (2009) acompanharam 12 ciclistas profissionais ao longo de cinco anos de treinamento e competições. Os autores verificaram que a eficiência delta aumentou de $23,6 \pm 2,7\%$ para $26,9 \pm 3,7\%$ entre o primeiro e o quinto ano. Corroborando com estes autores, Hopker et al. (2009) verificaram que a EB alterou-se significativamente ao longo da temporada de um ano em ciclistas competitivos. A EB aumentou do período básico para o pré-competitivo (19,6% vs. 20,6%), se manteve elevada durante o período competitivo (20,3%) e voltou a níveis próximos aos iniciais ao final da temporada (19,4%). Os autores monitoraram toda a temporada e observaram que os atletas aumentaram o volume e intensidade (próximo e acima de OBLA) dos treinos no período prévio aos aumentos de EB. Esses achados indicam que a EB está associada com o aumento do volume e intensidade do treinamento entre o período de base e pré-competitivo (HOPKER et al., 2009).

O presente estudo encontrou um aumento de aproximadamente 5% na EC e EB após treinamento. Passfield e Doust (2000) demonstraram que tais mudanças na EB pode ter um efeito significativo sobre a *performance* no ciclismo. Estudos indicam que a variação absoluta na EB em ciclistas corresponde a 1-2% ao ano (COYLE, 2005; HOPKER et al., 2010). Uma alteração desse magnitude foi sugerida para resultar numa melhoria de ~ 63 s em uma prova simulada de contra-relógio de 40 km (MONSELEY; JEUKENDRUP, 2001). No presente estudo, observa-se que os ganhos de *performance* no contra-relógio de 20 km foram próximos a 120 s, além disso, foram encontrados aumentos não somente na EC e EB, mas também no $VO_2\text{max}$, $P_{\text{máx}}$, IAT e OBLA, grande parte comumente associados com a *performance* aeróbia em ciclistas (AMANN et al., 2004; AMANN et al., 2006; BALMER et al., 2000; BENTLEY et al., 2001; COSTA; DE-OLIVEIRA, 2008; HAWLEY; NOAKES, 1992).

Tem sido sugerido na literatura que os diferentes tipos de fibras musculares possuem um papel-chave na eficiência e desempenho no ciclismo (COYLE et al., 1992; HOROWITZ et al., 1994). A adaptação fisiológica responsável por melhorias na eficiência de ciclismo após o treinamento estaria associada com a mudança na distribuição do tipo de fibra muscular para o tipo I que é mais eficiente (COYLE; 2005). Ciclistas com alta porcentagem de fibras do tipo I seriam capazes de produzir significativamente mais trabalho para um mesmo consumo de oxigênio (HOROWITZ et al., 1994). No entanto, em estudo recente envolvendo ciclistas treinados não encontrou nenhuma relação entre o porcentagem de fibras musculares do tipo I e EB de ciclismo (HOPKER et al., 2013). O percentual médio de fibras do tipo I e valores de eficiência entre os ciclistas treinados no estudo de Hopker et al. (2013) e Coyle et al. (1992) são semelhantes (% do tipo I: 55 vs 56%; EB: 19,8 vs 20,6%; respectivamente). A equação que relaciona a eficiência de ciclismo e tipo de fibra muscular utilizada por Coyle et al. (1992) sugere que a máxima eficiência que poderia ser conseguida (com base no músculo vasto lateral possuir 100 % de fibras de contração lenta) é de 23,7%. No estudo de Hopker et al. (2013) apenas um ciclista apresenta eficiência próxima de 23,7% mas apenas com 60% de distribuição de fibra do tipo I. Ao utilizar a equação de Coyle et al. (1992) no estudo de caso de um multi-campeão da Volta da França (COYLE, 2005) o autor acredita que a porcentagem de fibras do tipo I aumentou de 62,4% para um improvável 90,3% para corresponder para o aumento da eficiência do ciclismo relatados (COYLE, 2005). Sendo assim, Hopker et al. (2013) contradizem o trabalho de longa data apresentado por Coyle et al.

(1992) e Horowitz et al. (1994) que relataram uma forte correlação entre a eficiência de ciclismo e porcentagem de fibras musculares do tipo I. Portanto, resultados recentes sugerem que a eficiência de ciclismo é determinada por outros fatores além do provável o percentual de fibras do tipo I. Os mecanismos fisiológicos precisos ainda não foram completamente determinados, mas parecem ser afetados pelo estado de treinamento (HOKPER et al., 2013).

5.2 TESTE DE *PERFORMANCE*

5.2.1 Contra-relógio no ciclismo

Um importante achado do presente estudo foi que os ciclistas aumentaram a *performance* na simulação de um prova de contra-relógio de 20 km após um bloco semanal de treinamento intervalado supra-máximo. Os resultados indicam que a *performance* avaliada pela potência média foi maior após sete (3,9%) e 14 dias (6,9%) ao término do treino. Em paralelo, a *performance* medida através do tempo final demonstra que foi menor após sete (- 2,6%) e 14 dias (- 4,2%) do final do treinamento.

Estes resultados estão de acordo com os aumentos na *performance* no contra-relógio de 40 min (~ 8%) encontrados em um estudo recente que verificou os efeitos de uma periodização em blocos de 12 semanas em ciclistas (RØNNESTAD et al., 2012a). Além disso, estudos anteriores que usaram o modelo tradicional com duas a três sessões por semana de TIAI ao longo de 3-5 semanas também demonstraram aumentos na *performance* (2-5%) no contra-relógio de 40 km em ciclistas treinados (WESTAGARTH-TAYLOR et al., 1997; STEPTO et al., 1999; LAURSEN et al., 2002b).

Os fatores fisiológicos determinantes da *performance* aeróbia no ciclismo envolvem a contribuição do VO_{2max} , limiares fisiológicos, economia/eficiência de pedalada e fatores anaeróbios (JOYNER; COYLE, 2008). Neste sentido, identificar estas variáveis previamente ao período de treinamento e buscar desenvolvê-las ao longo de uma periodização organizada se torna essencial na busca de aumentos de desempenho em atletas. Como discutido anteriormente, são diversos os métodos de treinamento (contínuo, intervalado, força) já investigados que demonstram aumentar as variáveis determinantes da *performance* aeróbia (JONES; CARTER, 2002; ROSS; LEVERITT, 2002; RØNNESTAD; MUJIKI, 2013). No presente estudo, todos os índices

fisiológicos investigados aumentaram após o *crash training* o que também se refletiu em ganhos de *performance*.

A potência média durante os testes de contra-relógio pré-treinamento indicou que os ciclistas permaneceram a 82% da P_{máx} pré-treinamento. Após sete dias e 14 do término do *crash training*, a potência média permaneceu no mesmo percentual de 82% em relação a P_{máx} pós-treinamento. Ao observamos os valores dos testes incrementais pré e após a intervenção, percebe-se que o contra-relógio foi realizado em uma intensidade entre o IAT e OBLA pois a potência no IAT correspondeu a ~ 77% da P_{máx} e no OBLA a ~ 87% da P_{máx}. Sendo assim, os ciclistas permaneceram no mesmo percentual da P_{máx} em relação aos indicadores de capacidade aeróbia e também na potência média durante o contra-relógio em ambas as situações pré e pós-treinamento. Estes resultados estão de acordo com outros estudos que também não encontraram alterações percentuais pós-treinamento em variáveis provenientes dos testes incrementais (GILMAN, 1996).

Sendo assim, uma importante contribuição prática do presente estudo foi que o *crash-training* no formato de um micro-ciclo semanal de TIsup demonstrou ser efetivo pois os ciclistas atingiram melhoras significativas nos índices fisiológicos determinantes da *performance* aeróbia, bem como a melhora da *performance* durante uma simulação de uma competição de contra-relógio de 20 km. Estes resultados se destacam devido a não alteração de *performance* do grupo.

5.2.2 Alterações no *pacing* durante o contra-relógio

Como objetivo secundário, o presente estudo buscou analisar os efeitos do treinamento intervalado realizado em um período concentrado nas alterações no *pacing* durante o contra- relógio de 20 km. Essas informações se tornam importantes pois buscamos compreender os momentos em que os ciclistas aumentaram a potência durante uma situação de competição. Após 7 dias do término do *crash training*, os ciclistas aumentaram a potência no km 2, 4 e 16 durante o contra-relógio se comparada com a potência no contra-relógio pré-treinamento. Após 14 dias do término do treinamento, a potência foi ainda maior em todos os momentos desde o início do teste até o km 10. A potência também foi maior no km 16 e km 20 após duas semanas do fim do treino se comparado com os valores pré-treinamento. Portanto, os ciclistas tiveram alterações no *pacing* após *crash training*.

Compreende-se como *pacing* pela a distribuição da potência ao longo do contra-relógio enquanto que estratégia de *pacing* é selecionada

pelo ciclista previamente ao teste (ROELANDS et al., 2013). O *pacing* parece ser influenciado por diversos fatores tais como a distância a ser percorrida, o percurso, a temperatura, recursos ergogênicos, o tipo de prova (individual vs. grupo) (ABBISS; LAURSEN, 2008). De acordo com Koning et al. (2011) parece que as alterações metabólicas intramusculares são determinantes no comportamento da potência em eventos de menor duração (1-30 min), a elevação da temperatura corporal parece influenciar em eventos de moderada duração (20-120 min), enquanto que a disponibilidade de carboidratos se torna crítica em eventos de longa duração (> 90 min.). De forma geral, o formato de uma curva em “U” (largada forte e rápida, a parte intermediária mais lenta e no final *sprint*) é comumente descrita em diversos tipos de eventos desde a duração de 2 min. até horas (FOSTER et al., 1994; ROELANDS et al., 2013).

Este é o primeiro estudo que investigou os efeitos do *crash training* no *pacing* durante uma simulação de competição em laboratório. Nossos resultados são difíceis de serem comparados a outros estudos porque a grande maioria investigou a influência de diferentes estratégias prévias a tarefa sobre o comportamento da potência durante o contra-relógio. No presente estudo, os ciclistas foram apenas instruídos a realizar o contra-relógio de forma mais rápida possível, sendo que os atletas puderam controlar apenas a distância e o percurso. Ao observarmos o comportamento da potência ao longo dos testes pré e pós-treinamento percebe-se o formato de “U” prevalece independente dos ganhos de *performance*. Ficou claro que após treinamento, os ciclistas aumentaram a potência nos primeiros 10 km de prova, em seguida os valores permaneceram semelhantes a situação pré-treino, mas voltou a subir nos metros finais da prova. É importante lembrar que o contra-relógio não é plano e apresenta trechos de subidas e descidas (Figura 5). Existe um trecho de uma subida forte (inclinação 10%) entre os km 8 e 10 onde naturalmente os ciclistas precisam vencer a resistência aumentada pelo ciclo-ergômetro e conseqüentemente aumentar a potência. Após esta subida existe um longo trecho plano e em seguida uma descida. Percebe-se que após o trecho plano existe queda na potência em ambas as situações pré e pós-treino. Isto ocorreu devido a diminuição das forças resistivas e limitação das marchas do ciclo-ergômetro, porque os ciclistas utilizaram a relação de marchas mais pesada que o ciclo-ergômetro permitiu nesta situação.

Portanto, o presente estudo demonstrou que o *crash training* realizado na forma de um bloco semanal de treinamento intervalado de alta intensidade foi suficiente para alterar o comportamento da potência

durante uma simulação de competição individual no ciclismo. Os resultados indicaram que após uma semana do término do treinamento os valores de potência aumentaram, mas que se tornaram ainda maiores após duas semanas de recuperação.

5.3 RESPOSTA DA POTÊNCIA DURANTE AS SESSÕES DE TREINO

Ao observarmos os valores médios da PP e PM em cada sessão de treino percebe-se que não houve diferença significativa entre as sessões (Figura 9). Já nas figuras 10 e 11 observa-se que as médias da PP e PM de cada *sprint* de 30 e 45 s em cada sessão de treino não se diferiram entre si, no entanto, os *sprints* de 15 s são maiores do que os de 30 e 45 s (Figuras 10 e 11). Além disso, os dados da PP e PM em cada set revelam o mesmo comportamento em todos os dias de treino monitorado (Figuras 12 e 13). De forma geral, a PP e PM foram maiores nos primeiros sets e reduziu gradativamente até o terceiro set, na qual permaneceu estável até o final das sessões de treino demonstrando o processo de fadiga que se instala desde o início do exercício apesar da estabilidade até o final do treino (Figuras 12 e 13). Esses dados combinados indicam que os atletas permanecem em esforço bem parecido ao longo dos dias de treino e não estão de acordo com a hipótese deste estudo.

Neste novo modelo de exercício empregado, acredita-se que fadiga ocorre pela soma de alguns fatores, como o acúmulo de metabólitos provenientes da tentativa do organismo ressintetizar o ATP durante a alta intensidade e também por depleção de substratos energéticos ao longo das sessões de treinos. Ressalva-se também a fadiga acumulada ao longo dos dias de treinamento consecutivo e recuperação incompleta (MEEUSEN, 2006; ISSURIN, 2010). No entanto, como mencionado os valores de potência ao longo dos dias indicam que os atletas permanecem em intensidade similar, o que talvez indique que o sistema energético possa estar recuperado ao longo dos dias. Outra possibilidade que auxilia a compreender a manutenção da intensidade de esforço durante os treinos, está relacionada ao tipo de contração muscular durante o ciclo da pedalada. Diversos estudos apresentam que a ação muscular excêntrica produz dano muscular maior que as ações concêntrica e isométrica (NEWHAM et al., 1983; KOMI; VIITASALO, 1977; GOLDEN; DUDLEY, 1992). Entretanto, o ciclismo é um esporte onde as ações musculares nos membros inferiores são do tipo concêntricas (CHAPMAN et al., 2008) o que sugere menor

dano muscular o que possivelmente permita que os ciclistas mantenham alta a intensidade dos treinos durante o *crash training*.

Apesar dos resultados provenientes das sessões de treinos demonstrarem que os ciclistas permaneceram em intensidade semelhante ao longo dos dias, houve alta variação individual dos sujeitos entre os treinos (CV = 8 a 12%; dados não apresentados). Isto se justifica em parte devido a alguns fatores. Primeiramente, a estratégia de ritmo ou tele-antecipação que envolve a variação da intensidade de esforço adotada por cada sujeito de forma consciente ou inconsciente com o objetivo de prevenir a fadiga prematura e completar a tarefa (ROELANDS et al., 2013). A estratégia de ritmo normalmente é estabelecida no início do exercício baseado nas expectativas prévias sobre a duração e intensidade da tarefa ser sustentada (BILLAUT et al., 2011). Normalmente, os estudos que investigam as estratégias de ritmo no ciclismo realizam durante o exercício contínuo como por exemplo a prova de contra-relógio (THOMAS et al., 2012), entretanto, a tele-antecipação parece estar presente mesmo em exercícios de alta intensidade e curta duração (WITTEKIND et al., 2011; BILLAUT et al., 2011). Desta forma, a sessão de treino do presente estudo apresenta 30 *sprints* supra-máximos em que os sujeitos foram recomendados a realizar na forma *all out*. No entanto, acredita-se que os atletas tenham adotado algum tipo de estratégia de ritmo que possa se refletir nos altos valores do CV. Além disso, a fadiga acumulada de dias consecutivos de treino, o estado motivacional e a capacidade volitiva para a realização dos *sprints* ao longo dos dias de treinamento também podem ter contribuído para a variação intra-sujeitos durante as sessões de treino.

Portanto, durante todas as sessões de treino monitoradas em laboratório os ciclistas permaneceram em intensidade supra-máxima. O comportamento da PP e PM ao longo das sessões é semelhante e indica que ela diminui gradativamente nos primeiros sets e se mantém estável até o final das sessões de treino. Baseado em estudos prévios, acredita-se que o sistema fosfágeno contribua em grande parte para a geração de energia no início de cada *sprint*. Além disso, a relação esforço/pausa (1:5) dos *sprints* permite recuperação incompleta ao organismo mantendo elevado os produtos do metabolismo anaeróbio e provavelmente aumentando a participação aeróbia durante os *sprints*.

6 CONCLUSÃO

Os efeitos de um bloco semanal de treinamento intervalado de alta intensidade, aqui chamado de *crash training*, demonstrou ser um modelo de treinamento físico capaz de promover aumentos significativos em diversos índices fisiológicos e o desempenho em um grupo de ciclistas treinados. Após uma semana do término do treinamento, os ciclistas aumentaram a P_{máx}, IAT, OBLA, EC, EB e a potência média no contra-relógio de 20 km em 5,6%; 5,2%; 3,8%; 3,4%; 3,4% e 3,9%; respectivamente. Após duas semanas do fim da intervenção os valores foram 7,6%; 5,5%; 4,5%; 3,9%; 4,5% e 6,9%; respectivamente; bem como o VO₂max = 4,6%, demonstrando que um período de aproximadamente 15 dias se torna mais adequado para obtenção de maiores ganhos de *performance* após o *crash-training*. Esses resultados estão de acordo com a primeira hipótese do estudo que sugeriu aumentos dos índices fisiológicos e o desempenho após treinamento. Além disso, o estudo se destaca pela não alteração dos valores do grupo controle.

O presente estudo também demonstrou que o *crash training* foi suficiente para alterar o comportamento da potência durante uma simulação de competição individual no ciclismo. Os resultados estão de acordo com a segunda hipótese e indicaram que após uma semana do término do treinamento os valores de potência aumentaram em alguns instantes. Após duas semanas do fim dos treinos, os valores de potência foram ainda maiores, nos primeiros 10 km e nos metros finais do contra-relógio.

Durante todas as sessões de treino monitorada em laboratório os ciclistas permaneceram em intensidade supra-máxima, não indicando queda da potência ao longo dos dias de treino monitorado. O comportamento da PP e PM ao longo das sessões de treino é semelhante e indica que ela diminui gradativamente nos primeiros sets e se mantém estável até o final das sessões de treino. Os resultados não corroboram com a terceira hipótese deste estudo em que acreditava-se na incapacidade da manutenção da potência ao longo dos dias devido a fadiga acumulada dos treinos.

As aplicações práticas deste estudo podem ser compreendidas de diversas formas: 1) o *crash training* aqui sugerido é um novo modelo de treinamento que apresenta resultados expressivos após treinamento em atletas treinados. O simples fato de ser um novo modelo de treino com resultados positivos, sugere-se ser utilizado em situações práticas do dia-

a-dia de treinamento. 2) ciclistas treinados que se encontram em algum momento de estagnação da sua *performance* talvez se beneficiem dos distúrbios adicionais que o *crash training* promove no organismo e provavelmente consigam elevar seu nível de desempenho; 3) o *crash training* é um modelo de treinamento curto (uma semana) onde os ganhos de desempenho são atingidos rapidamente em pouco tempo (duas semanas); 4) o *crash training* é um método que pode ser utilizado em alguma competição alvo pelo atleta pois demonstrou aumentar diversas medidas fisiológicas e de desempenho em ciclistas treinados.

Portanto, acredita-se que o *crash training* é um novo modelo de treinamento capaz de melhorar diversas variáveis fisiológicas e o desempenho de atletas treinados. Devido a alta demanda exigida durante os treinos, sugere-se que este método de treinamento seja utilizado apenas por atletas treinados ou que estejam regularmente envolvidos em programas de treinamento orientado no esporte competitivo. Nossos resultados indicaram que os aumentos de desempenho foram em uma simulação de uma prova de contra-relógio de 20 km. No entanto, devido as características do treino, se torna necessária avaliar a *performance* em diferentes eventos no ciclismo que envolvem alta produção de potência e intermitência como as provas de velódromo e *mountain bike*. Além disso, é importante compreender durante quanto tempo os ciclistas irão permanecer com os ganhos de *performance* provenientes do *crash training* (i.e. efeito residual do treinamento). Este estudo também limita-se por não apresentar os mecanismos fisiológicos responsáveis pelos aumentos no desempenho, bem como informações provenientes dos indicadores de stress no organismo ocasionado pelo *crash training*.

REFERÊNCIAS

- ABBISS, C. R.; LAURSEN, P. B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Medicine**, v.38, p.239-52, 2008.
- AMANN, M.; SUBUDHI, A. W.; FOSTER, C. Influence of testing protocol on ventilatory thresholds and cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.36, p.613-622, 2004.
- AMANN, M.; SUBUDHI, A. W.; FOSTER, C. Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.16, p.27-34, 2006.
- BALMER, J.; DAVISON, R. C.; BIRD, S. R. Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1 km cycling time trial. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, p.1485-1490, 2000.
- BASTIAANS, J. J.; VAN DIEMEN, A. B. J. P.; VENEBERG, T.; JEUKENDRUP, A. E. The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v.86, p.79-84, 2001.
- BENTLEY, D. J.; McNAUGHTON, L. R.; THOMPSON, D.; VLECK, V. E.; BATTERHAM, A. M. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, p.2077-2081, 2001.
- BERG, A.; et al. Aktuelle aspekte der modernen ergometrie. **Pneumologie**. v.44, p.2-13, 1990.
- BILLAT, V. L. Interval training for performance: a scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. **Sports Medicine**. v.31, p13-31, 2001a.
- BILLAT, V. L. Interval training for performance: a scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: aerobic interval training. **Sports Medicine**. v.31, p.75-90, 2001b.
- BILLAUT, F.; BISHOP, D. J.; SCHAERZ, S.; NOAKES, T. D. Influence of knowledge of sprint number on pacing during repeated-sprint exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.43, p.665-72, 2011.
- BOGDANIS, G. C.; NEVILL, M. E.; BOOBIS, L. H.; LAKOMY, H. K. A. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply

during repeated sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.80, p.876-884, 1996.

BOMPA, T. O. **Periodization. The theory and methodology of training.** (Fourth ed.). Champaign, IL.: Human Kinetics, 1999.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14, 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, p.779-795, 2009.

BOULAY, M. R. Physiological monitoring of elite cyclists. **Sports Medicine**. v.20, n.1, p.1-11, 1995.

BREIL, F. A.; WEBER, S. N.; KOLLER, S.; HOPPELER, H.; VOGT, M. Block training periodization in alpine skiing: effects of 11-day HIT on VO_2max and performance. **European Journal of Applied Physiology**, v.109, p.1077-1086, 2010.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle: Part II: Anaerobic Energy, Neuromuscular Load and Practical Applications. **Sports Medicine**, v.43, n.10, p.927-54, 2013.

BURGOMASTER, K. A.; HUGHES, S. C.; HEIGENHAUSER, G. J. F.; BRADWELL, S. N.; GIBALA, M. J. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. **Journal of Applied Physiology**, v.98, p.1985-1990, 2005.

BURGOMASTER, K. A.; et al. Similar metabolic adaptation during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **Journal of Physiology**. n.1, p.151-60, 2008.

BURNLEY, M.; DOUST, J. H.; JONES, A. M. Time required for the restoration of normal heavy exercise VO_2 kinetics following prior heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.101, p.320-7, 2006.

CHAPMAN, A. R.; VICENZINO, B.; BLANCH, P.; HODGES, P. W. Patterns of leg muscle recruitment vary between novice and highly trained cyclists **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.18, p.359-371, 2008.

COFFEY, V. G.; HAWLEY, J. A. The molecular bases of training adaptation **Sports Medicine**, v.37, p.737-763, 2007.

- COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. Ed. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- COYLE, E. F.; SIDOSSIS, L. S.; HOROWITZ, J. F.; BELTZ, J. D. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibres. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, p.782-788, 1992.
- COYLE, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. **Exercise Sports Science Reviews**. v.23 p.25-64, 1995.
- COYLE, E. F. Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. **Journal of Applied Physiology**, v.98, p2191-6, 2005.
- COSTA, V. P.; DE-OLIVEIRA, F. R. Physiological variables to predict performance in cross-country mountain bike races. **Journal of Exercise Physiologyonline**, n.6, p.14-24, 2008.
- COSTILL, D. L.; VERSTAPPEN, F.; KUIPERS, H.; JANSSEN, E.; FINK, W. Acid-base balance during repeated bouts of exercise: influence of HCO₃⁻. **International Journal of Sports Medicine**, n.5, p.228-231, 1984.
- CREER, A. R.; RICARD, M. D.; CONLEE, R. K.; HOYT, G.L.; PARCELL, A. C. Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v.25, p.92-98, 2004.
- DE KONING, J. J.; FOSTER, C.; BAKKUM, A.; KLOPPENBURG, S.; THIEL, C. C.; et al. Regulation of pacing strategy during athletic competition **PLoS ONE**, v.1, 2011.
- DUBOUCHAUD, H.; BUTTERFIELD, G. E.; WOLFEL, E. E.; BERGMAN, B. C.; BROOKS, G. A. Endurance training, expression, and physiology of LDH, MCT1, and MCT4 in human skeletal muscle **American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism**, v.278, p.E571-E579, 2000.
- EDGE, J.; BISHOP, D.; GOODMAN, C. The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. **European Journal of Applied Physiology**, v.96, p.97-105, 2006.
- FARIA, E. W.; PARKER, D. L.; FARIA, I. E. The science of cycling: physiology and training - part 1. **Sports Medicine**, v.35, n.4, p.285-312, 2005.
- FAVIER, R. J., CONSTABLE, S. H., CHEN, M., AND HOLLOSZY, J. O. Endurance exercise training reduces lactate production **Journal of Applied Physiology**, v.61, p.885-889, 1986.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, B.; PÉREZ-LANDALUCE, J.; RODRÍGUEZ-ALONSO, M.; TERRADOS, N. Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, p.1002-1006, 2000.

FOSTER, C.; SCHRAGER, M.; SNYDER, A. C.; THOMPSON, N. N. Pacing strategy and athletic performance. **Sports Medicine**, v.17, n.2, p.77-85, 1994.

GAESSER, G. A.; BROOKS, G. A. Muscular efficiency during steady-state exercise: effects of speed and work rate. **Journal of Applied Physiology**, v.38, n.6, p.1132-9, 1975.

GAITANOS, G. C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L. H.; BROOKS, S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.75, p.712-719, 1993.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise **Sports Medicine**, v.31, n.10, p.725-741, 2001.

GIBALA, M. J.; LITTLE, J. P.; ESSEN, M.; WILKIN, G. P.; BURGOMASTER, K. A.; SAFDAR, A.; RAHA, S.; TARNOPOLSKY, M. A. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. **Journal of Physiology**, v.575, n.3, p.901-91, 2006.

GIBALA, M. J.; MCGEE, S. L. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? **Exercise Sports Science Reviews**. v.36, p.58-63, 2008.

GIBALA, M. J.; JONES, A. M. Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training. **Nestlé Nutritional Institute Workshop Series**, v.76, p.51-60, 2013.

GILMAN, M. B. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. **Sports Medicine**, v.21, n.2, p.73-9, 1996.

GOLDEN, C. L.; DUDLEY, G. A. Strength after bouts of eccentric or concentric actions. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, p.926-33, 1992.

GROSS, M.; SWENSEN, T.; KING, D. Nonconsecutive- versus consecutive-day high-intensity interval training in cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.39, n.9, p.1666-1671, 2007.

GROSSL, T.; LUCAS, R. D.; SOUZA, K. M.; GUGLIELMO, L. G. A.

- Maximal lactate steady-state and anaerobic thresholds from different methods in cyclists. **European Journal of Sport Science**, v.12, p.161-167, 2012.
- GUELLICH, A.; SEILER, S. Lactate profile changes in relation to training characteristics in junior elite cyclists. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.5, p.316-27, 2010.
- HALSON, S. L.; BRIDGE, M. W.; MEEUSEN, R.; BUSSCHAERT, B.; GLEESON, M.; JONES, D. A.; JEUKENDRUP, A. E. Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. **Journal of Applied Physiology**, v.93, p.947-956, 2002.
- HALSON, S. L.; LANCASTER, G. I.; ACHTEN, J.; GLEESON, M.; JONES, D. A.; JEUKENDRUP, A. E. Effects of carbohydrate supplementation on performance and carbohydrate oxidation after intensified cycling training. **Journal of Applied Physiology**, v. 97, p.1245-1253, 2004.
- HARGREAVES, M.; SPRIET, L. **Exercise Metabolism**. Champaign IL: Human Kinetics, 2006.
- HAWLEY, J. A.; MYBURGH, K. H.; NOAKES, T. D.; DENNIS, S. C. Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance. **Journal of Sports Science**, v.15, p.325-333, 1997.
- HAWLEY, J. A.; NOAKES, T. D. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v.65, p.79-83, 1992.
- HAWLEY, J. A.; STEPTO, N. Adaptations to training in endurance cyclists: implications for performance. **Sports Medicine**, v.31, p.511-520, 2001.
- HAWLEY, J. A. Specificity of training adaptation: time for a rethink? **Journal of Physiology**, v.586, n.1, p.1-2, 2008.
- HELLSTEN, Y.; RUFENER, N.; NIELSEN, J. J.; HOIER, B.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Passive leg movement enhances interstitial VEGF protein, endothelial cell proliferation, and eNOS mRNA content in human skeletal muscle **American Journal of Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v.294, p.975-982, 2008.
- HEINICKE, K.; WOLFARTH, B.; WINCHENBACH, P.; BIERMANN, B.; SCHMID, A.; HUBER, G.; FRIEDMANN, B.; SCHMIDT, W. Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. **International Journal of Sports Medicine**, v.22, n.7, p.504-12, 2001.
- HOLLOSZY, J. O.; COYLE, E. F. Adaptations of skeletal muscle to endurance

exercise and their metabolic consequences. **Journal of Applied Physiology**, v.56, p.831-838, 1984.

HOOD, D. A. Invited Review: Contractile activity-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v.90, p.1137-1157, 2001.

HOPKER, J. G.; COLEMAN, D. C.; WILES, J.; D. Differences in efficiency between trained and recreational cyclists. **Applied Physiology Nutritional and Metabolism**, v.32 n.6, p.1036-42, 2007.

HOPKER, J. G.; COLEMAN, D. C.; PASSFIELD, L. Changes in cycling efficiency during a competitive season. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, p.912-919, 2009.

HOPKER, J. G.; COLEMAN, D. C.; PASSFIELD, L.; WILES, J. The effect of training volume and intensity on competitive cyclists' efficiency. **Applied Physiology Nutritional and Metabolism**, v.3, p.17-22, 2010.

HOPKER, J. G.; COLEMAN, D. C.; GREGSON, H. C.; JOBSON, S. A.; VON DER HAAR, T.; WILES, J.; PASSFIELD, L. The influence of training status, age, and muscle fiber type on cycling efficiency and endurance performance. **Journal of Applied Physiology**, v.115, p.723-729, 2013.

HOROWITZ, J. F.; SIDOSSIS, L. S.; COYLE, E. F. High efficiency of type 1 muscle fibres improves performance. **International Journal of Sports Medicine**, v.15, n.3, p.152-7, 1994.

HOPKINS, W. G. A spreadsheet for analysis of straightforward controlled trials. **Sportscience**, sportsci.org/jour/03/wghtrials.htm. 2003.

HOPKINS, W. G. A spreadsheet for deriving a confidence interval, mechanistic inference and clinical inference from a P value. **Sportscience**, sportsci.org/2007/wghinf.htm. 2007.

IAIA, F. M.; HELLSTEN, Y.; NIELSEN, J. J.; FERNSTROM, M.; SAHLIN, K.; BANGSBO J. Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume **Journal of Applied Physiology**, v.106, p.73-80, 2009.

ISSURIN, V. B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. **Sports Medicine**, v.40, p.189-206, 2010.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body

density of men. **British Journal of Nutrition**, v.40, p.497-504, 1978.

JACOBS, I.; ESBJORNSSON, M.; SYLVEN, C.; HOLM, I.; JANSSON, E. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.19, p.368-74, 1987.

JEUKENDRUP, A. E.; HESSELINK, M. K.; SNYDER A. C.; KUIPERS, H.; KEIZER, H. A. Physiological changes in male competitive cyclists after two weeks of intensified training. **International Journal of Sports Medicine**, v.13, p.534-541, 1992.

JENSEN, L.; BANGSBO, J.; HELLSTEN, Y. Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle **Journal of Physiology**, v.557, p.571-582, 2004.

JONES, A. M.; CARTER, H. C. The effects of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, v.29, p.373-386, 2000.

JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance: the physiology of champions. **Journal of Physiology**, v.586, p.3544, 2008.

JUEL, C.; HALESTRAP, A. P. Lactate transport in skeletal muscle - role and regulation of the monocarboxylate transporter **Journal of Physiology**, n.517 v.3, p.633-642, 1999.

KOMI, P. V.; VIITASALO, J. T. Changes in motor unit activity and metabolism in human skeletal muscle during and after repeated eccentric and concentric contractions. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.100, p.246-54, 1977.

KUBUKELI, Z. N.; NOAKES, T. D.; DENNIS, S. C. Training techniques to improve endurance exercise performances. **Sports Medicine**, v.32, p.489-509, 2002.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T. J.; GEURTEN, P.; VAN KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in laboratory and its physiologic correlates. **International Journal of Sports Medicine**, n.6, p197-201, 1985.

LAURSEN, P. B.; JENKINS, D. G. The scientific basis for high-intensity interval training optimizing training programs and maximizing performance in highly trained endurance athletes. **Sports Medicine**, v.32, p.53-73, 2002.

LAURSEN, P. B.; BLANCHARD, M. A.; JENKINS, D. G. Acute high-intensity interval training improves Tvent and peak power output in highly

trained males. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.27, p.336-348, 2002a.

LAURSEN, P. B.; SHING, C. M.; PEAKE, J. M.; COOMBES, J. S.; JENKINS, D. G. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, p.1801-1807, 2002b.

LAURSEN, P. B.; SHING, C. M.; PEAKE, J. M.; COOMBES, J. S.; JENKINS, D. G. Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, p.527-533, 2005.

LAURSEN, P. B. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.20, p.1-10, 2010.

LEHMANN, M.; DICKHUTH, H. H.; GENDRISCH, G.; et al. Training-overtraining. A prospective, experimental study with experienced middle- and long-distance runners. **International Journal of Sports Medicine**, v.11, p.S37-S46, 1990.

LINDSAY, F. H.; HAWLEY, J. A.; MYBURGH, K. H.; SCHOMER, H. H.; NOAKES, T. D.; DENNIS, S. C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.28, p.1427-1434, 1996.

LOWENSTEIN, J. M. The purine nucleotide cycle revised. **International Journal of Sports Medicine**, v.11, p.S37-S46, 1990.

LUCIA, A.; HOYOS, J.; PARDO, J.; CHICHARRO, J. L. Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: a longitudinal study. **Japanese Journal of Physiology**, v.50, p.381-8, 2000.

LUCIA, A.; HOYOS, J.; PÉREZ, M.; CHICHARRO, J. L. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, p.1777-1782, 2000.

LUNN, W. R.; FINN, J. A.; AXTELL, R. S. Effects of sprint interval training and body weight reduction on power to weight ratio in experienced cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, p.1217-1224, 2009.

MACDOUGALL, J. D.; HICKS, A. L.; MACDONALD, J. R.; MCKELVIE, R. S.; GREEN, H. J.; SMITH, K. M. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. **Journal of Applied Physiology**, v.84,

n.6, p.2138-42, 1998.

MACRAE, H. S.; DENNIS, S. C.; BOSCH, A. N.; NOAKES, T. D. Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans **Journal of Applied Physiology**, v.72, p.1649-1656, 1992.

MCCULLAGH, K. J.; POOLE, R. C.; HALESTRAP, A. P.; O'BRIEN, M.; BONEN, A. Role of the lactate transporter (MCT1) in skeletal muscles **American Journal of Physiology**, v.271, p.E143-E150, 1996.

MEEUSEN, R.; DUCLOS, M.; GLEESON, M.; RIETJENS, G.; STEINACKER, J.; URHAUSEN, A. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome. **European Journal of Sports Science**, v.6, p.1-14, 2006.

MESSONNIER, L., FREUND, H., DENIS, C., DORMOIS, D., DUFOUR, A. B., LACOUR, J. R. Time to exhaustion at VO₂max is related to the lactate exchange and removal abilities **International Journal of Sports Medicine**, n.23, p.433-438, 2002.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; JONES, A. M. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? **Sports Medicine**, v.37, p.857-880, 2007.

MOSELEY, L.; JEUKENDRUP, A. The reliability of cycling efficiency. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, n.4, p.621-7, 2001.

NEWHAM, D. J.; MCPHAIL, G.; MILLS, K.R.; et al. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. **Journal of the Neurological Sciences**, v.61, p.109-122, 1983.

PADILLA, S.; MUJIKA, I.; ORBAÑANOS, J.; ANGULO, F. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, n.4, p.850-6, 2000.

PAROLIN, M. L.; CHESLEY, A.; MATSOS, M. P.; SPIRIET, L. L.; JONES, N. L.; HEIGENHAUSER, G. J. F. Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. **American Journal of Physiology**, v.277 n.40, p.E890-E900, 1999.

PASSFIELD, L.; DOUST, J. H. Changes in cycling efficiency and performance after endurance exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, n.11, p.1935-41, 2000.

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

PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Effects of high-intensity training on performance and physiology of endurance athletes. **Sportscience**, v.8, p.25-40, 2004.

PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, p.826-830, 2005.

PHILLIPS, S. M.; GREEN, H. J.; TARNOPOLSKY, M. A.; GRANT, S. M. Increased clearance of lactate after short-term training in men **Journal of Applied Physiology**, v.79, p. 1862-1869, 1995.

PILEGAARD, H.; DOMINO, K.; NOLAND, T.; JUEL, C.; HELLSTEN, Y.; HALESTRAP, A. P.; BANGSBO, J. Effect of high-intensity exercise training on lactate/H⁺ transport capacity in human skeletal muscle. **American Journal of Physiology**, v.276, p.E255-E261, 1999a.

PILEGAARD, H.; TERZIS, G.; HALESTRAP, A.; JUEL, C. Distribution of the lactate/H⁺ transporter isoforms MCT1 and MCT4 in human skeletal muscle. **American Journal of Physiology**, v.276, p.E843-E848, 1999b.

PSILANDER, N.; WANG, L.; WESTERGREN, J.; TONKONOGLI, M.; SAHLIN, K. Mitochondrial gene expression in elite cyclists: effects of high-intensity interval exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.110, p.597-606, 2010.

ROELANDS, B.; DE KONING, J.; FOSTER, C.; HETTINGA, F.; MEEUSEN, R. Neurophysiological determinants of theoretical concepts and mechanisms involved in pacing. **Sports Medicine**, n.5, p.301-11, 2013.

RØNNESTAD, B. R.; ELLEFSEN, S.; NYGAARD, H.; ZACHAROFF, E. E.; VIKMOEN, O.; HANSEN, J.; HALLÉN, J. Effects of 12 weeks of block periodization on performance and performance indices in well-trained cyclists. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, n.8, p.1-9, 2012a.

RØNNESTAD, B. R.; HANSEN, J.; ELLEFSEN, S. Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclists. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v.31, n.5, 2012b.

RØNNESTAD, B. R.; HANSEN, J.; VEGGE, G.; TØNNESSEN, E.; SLETTALØKKEN, G. Short intervals induce superior training adaptations

compared with long intervals in cyclists – An effort-matched approach **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.33, p.1-8, 2014.

RØNNESTAD, B. R.; MUJIK, I. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, n.5, 2013.

ROZENEK, R.; FUNATO, K.; KUBO, J.; HOSHIKAWA, M.; MATSUO, A. Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO_2max . **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.21, p.188-192, 2007.

ROSS, A.; LEVERITT, M. Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training: implications for sprint training and tapering. **Sports Medicine**, v.31, n.15, p.1063-82, 2001.

SANTALLA, A.; NARANJO, J.; TERRADOS, N. Muscle efficiency improves over time in world-class cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, p.1096-1101, 2009.

SASSI, A.; IMPELLIZZERI, F. M.; MORELLI, A.; MENASPÀ, P.; RAMPININI, E. Seasonal changes in aerobic fitness indices in elite cyclists. **Applied Physiology Nutritional and Metabolism**, v.33, p.735-742, 2008.

SEILER, K. S.; KJERLAND, G. Ø. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an ‘optimal’ distribution? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.16, p.49-56, 2006.

SEILER, S.; JØRANSON, K.; OLESEN, B. V.; HETLELID, K. J. Adaptations to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.13, n.1, p78-83, 2013.

SEILER, S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.5, p.276-291, 2010.

SJÖDIN, B.; JACOBS, I.; SVEDENHAG, J. Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. **European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology**, v.49, p.45-57, 1982.

SLOTH, M.; SLOTH, D.; OVERGAARD, K.; DALGAS, U. Effects of sprint interval training on VO_2max and aerobic exercise performance: A systematic

review and meta-analysis. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.23, n.6, p.341-52, 2013.

STAINSBY, W.; GLADDEN, L.; BARCLAY, J.; WILSON, B. Exercise efficiency: validity of baseline subtractions. **Journal of Applied Physiology**, v.48, n.3, p.518-22, 1980.

STEPTO, N. K.; HAWLEY, J. A.; DENNIS, S. C.; HOPKINS, W. G. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.31, p.736-741, 1999.

STOREN, O.; SANDA, S. B.; HAAVE, M.; HELGERUND, J. Improved VO_2max and time trial performance with more high aerobic intensity interval training and reduced training volume: a case study on an elite national cyclist. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.26, p.2705-2711, 2012.

SWART, J.; LAMBERTS, R. P.; DERMAN, W.; LAMBERT, M. I. Effects of high-intensity training by heart rate or power in well-trained cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, p.619-625, 2009.

SUNDE, A.; STOREN, O.; BJERKAAS, M.; LARSEN, M. H.; HOFF, J.; HELGERUD, J. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, p.2157-2165, 2010.

THOMAS, K.; STONE, M. R.; THOMPSON, K. G.; ST. CLAIR GIBSON, A.; ANSLEY, L. Reproducibility of pacing strategy simulated 20-km cycling time trials in well-trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, p.223-229, 2012.

VOGT, S.; HEINRICH, L.; SCHUMACHER, Y. O.; BLUM, A.; ROECKER, K.; DICKHUTH, H. H.; SCHMID, A. Power output during stage racing in professional road cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.38 n.1, p.147-51, 2006.

WAKEFIELD, B. R.; GLAISTER, M. Influence of work-interval intensity and duration on time spent at a high percentage of VO_2max during intermittent supramaximal exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, p.2548-2554, 2009.

WESTGARTH-TAYLOR, C.; HAWLEY, J. A.; RICKARD, S.; MYBURGH, K. H.; NOAKES, T. D.; DENNIS, S. C. Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v.75, p.298-304, 1997.

WESTON, A. R.; MYBURGH, K. H.; LINDSAY, F. H.; DENNIS, S. C.; NOAKES, T. D.; HAWLEY, J. A. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity training by well-trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v.75, p.7-13, 1997.

WHIPP, B. J.; WASSERMAN, K. Efficiency and muscular work. **Journal of Applied Physiology**, v.26, p.644-8, 1969.

WILSON, M. C.; JACKSON, V. N.; HEDDLE, C.; PRICE, N. T.; PILEGAARD, H.; JUEL, C.; BONEN, A.; MONTGOMERY, I.; HUTTER, O. F.; HALESTRAP, A. P. Lactic acid efflux from white skeletal muscle is catalyzed by the monocarboxylate transporter isoform MCT3 **Journal of Biological Chemistry**, v.273, p.15920-15926, 1998.

WITTEKIND, A. L.; MICKLEWRIGHT, D.; BENEKE, R. Teleoanticipation in all-out short-duration cycling. **British Journal of Sports Medicine**, v.45, n.2, p.114-9, 2001.