

Paulo Cesar do Nascimento

**O EFEITO DA INTENSIDADE DO EXERCÍCIO PRÉVIO
SOBRE A CINÉTICA DO CONSUMO DE OXIGÊNIO
DURANTE A CORRIDA**

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós Graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final para obtenção do grau de mestre em Biodinâmica do Desempenho Humano. Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Dantas De Lucas. 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.

Nascimento, Paulo Cesar do

O efeito da intensidade do exercício prévio sobre a cinética do consumo de oxigênio Durante a corrida / Paulo Cesar do Nascimento ; orientador, Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo ; co-orientador, Ricardo Dantas De Lucas. - Florianópolis, SC, 2014.

80 p.

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

Inclui referências

1. Educação Física. 2. Cinética do consumo de oxigênio. 3. Exercício prévio. 4. Lactato sanguíneo. I. Guglielmo, Luiz Guilherme Antonacci . II. De Lucas, Ricardo Dantas . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

Paulo Cesar do Nascimento

O efeito da intensidade do exercício prévio sobre a cinética do consumo de oxigênio durante a corrida

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de mestre em Biodinâmica do Desempenho Humano, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Educação Física.

Florianópolis, 27 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. Ricardo Dantas De Lucas
Co-orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Profª. Drª. Rosane Carla Rosendo da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina

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

A Angela pela sua calma, paciência e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus. Não por ser de praxe, mas por acreditar verdadeiramente no Senhor Deus que me criou e me formou (Salmos 139), conhece toda minha vida (Mateus 10:30), faz tudo por mim (João 3:16; Salmos 37:5) e tem planos para nossas vidas que nem conseguimos imaginar (I Coríntios 2:9; Apocalipse 21:1-4).

Quero agradecer aquelas pessoas que de alguma forma me guiaram pelo caminho trilhado até aqui. Aos meus pais, fica a minha eterna gratidão por tudo que foram e fizeram para possibilitar o meu progresso. Ao ‘seu **Darci**’ pelo seu exemplo de honestidade, benignidade e dedicação; e a minha mãe **Nadir**, a ‘tia Dira’ pelo seu carinho, amor e compreensão acima de tudo. Ao meu irmão **Marcelo** o meu muito obrigado por sua amizade e apoio de todas as formas muitas e muitas vezes e por ter nos dado a **Celle** para alegrar as nossas vidas. Não posso deixar de agradecer ao meu avô **Benedito** e minha falecida avó **Teresinha** que foi um grande exemplo de vida. Também deixo o meu muito obrigado a **Tia Noelci** que é uma batalhadora e um exemplo de persistência. A minha “nova” família, ou seja, a família Salvador que me acolheu como membro, ao ‘seu **Ibson**’ e a ‘dona **Dirlene**’ que me apoiaram durante esse trabalho e ao Amadeo, Karla, Ana e Jeferson pela amizade. Ainda, uma pessoa que não vejo à muito tempo, mas foi muito importante lá no começo da minha jornada, incentivado a buscar o conhecimento e a sabedoria, o **Pr. Carlos Lima**, que além de um conselheiro foi amigo verdadeiro.

A mulher que aprendi a amar e respeitar, e que estive ao meu lado durante esse tempo de mestrado, e muito antes, até quando estive longe do outro lado do oceano atlântico, sendo uma companheira, amiga e cúmplice, me apoiando sempre que precisei, **Angela** meu sincero obrigado.

Muitos amigos me deram força nesse caminho, e a todos de maneira geral eu agradeço, aos amigos da graduação **Turma 2005.1** e de Avaí e Figueirense durante minha rápida passagem pelo mundo do futebol, mas tem alguns que não posso deixar de citar aqui pelo verdadeiro companheirismo, o Aridone, Acelon, Viça, Daniel Ramos, Lucas Klein, Marcelo Baldi e ao Raul Cabral.

Com certeza tenho muito que agradecer aos companheiros de LAEF e BIOMEC, pelas conversas, discussões, parcerias, ajuda nas coletas e na análise dos dados. Ao Kristopher e ao Anderson que foram praticamente coautores do trabalho, ao Lucas Loyola e o Ortiz pela força no estudo piloto, a Daiane, Elisa, Pati, Naiandra, Marília, Andréia, Pri,

Fran, Pablo (que ainda fez o churrasco na comemoração!), Lucas Almeida, Lucas Hellal e Jolmerson que deram uma força essencial na coleta de dados. Ao professor Carminatti e ao Cetolin auxiliando com as fotocélulas, ao Dal Pupo no recrutamento dos sujeitos e “divisão” da amostra, e junto do Juliano a Dani ajudando nos *sprints* e compartilhando o mesmo espaço. A todos os membros do LAEF, e entre eles Vitor, Juliano Fernandes, o Leandro (ex membro, mas grande amigo) que não ajudaram diretamente no trabalho, mas indiretamente compartilhando seus conhecimentos também deixo o meu muito obrigado.

Meu sincero obrigado ao **Rafael Aguiar** pela força essencial com os ajustes matemáticos, com certeza sem essa ajuda o trabalho não seria o mesmo, e ao Luis Antonio pela discussão sobre os ajustes. E aos professores **Fabrizio Caputo** e **Harry Rossiter** deixo também meus agradecimentos pelo auxílio no tratamento dos dados e realização das funções exponenciais. Ao co-orientador e amigo **Ricardo** que também foi fundamental em todo o desenvolver do trabalho desde o projeto até a produção do artigo, espero que venham muitos ainda pela frente.

Deixo o meu muito obrigado a todos os atletas que participarão das avaliações, realmente foi na “parceria” que vocês participaram de todos os procedimentos. Agradeço também as comissões técnicas da FUCAS (Marcelo, Lucas e Daniel) e da ADC Colegial (André e Bernardo) que disponibilizaram seus atletas. Agradeço também a CAPES pelo suporte financeiro.

Ao professor **Luiz Guilherme** que me concedeu a oportunidade de poder realizar esse trabalho e foi um amigo em todos os momentos agradeço profundamente. A professora **Rosane** que além de ter aceitado participar da banca foi uma inspiração e exemplo de docência durante a graduação e o mestrado.

Por fim, a todos que não citei aqui, mas de alguma forma me ajudaram ou nesse período de mestrado ou no decorrer da minha vida, bem como os amigos da igreja Adventista principalmente no Rio Tavares, com a amizade, conselhos ou apoiando de alguma maneira.

Meus sinceros agradecimentos.

“Os Jovens se cansam e se fatigam, e os moços de exaustos caem, mas os que esperam no SENHOR renovam suas forças, sobem com asas como águias, correm e não se cansam, caminham e não se fatigam.”
(Isaías 40:30 e 31; por volta de 750 AC)

RESUMO

O consumo de oxigênio (VO_2) mensurado a nível pulmonar reflete as mudanças no metabolismo oxidativo nos tecidos ativos. O objetivo deste estudo foi analisar o efeito de dois diferentes tipos de exercício prévio (corrida contínua *versus sprints* repetidos intermitentes – IRS) sobre a cinética do VO_2 no domínio severo durante a corrida. Participaram deste estudo 13 jogadores amadores de futsal do sexo masculino (Idade: $22,8 \pm 6,1$ anos; massa corporal: $76,0 \pm 10,2$ kg; estatura: $178,7 \pm 6,6$ cm; $\text{VO}_{2\text{max}}$: $58,1 \pm 4,5$ ml.kg.min^{-1}) que foram submetidos a um teste incremental máximo em esteira rolante para determinação do primeiro limiar ventilatório (LV) e do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$). Em dois dias diferentes, os indivíduos realizaram uma carga constante de seis min de exercício severo (50% da diferença entre o LV e o $\text{VO}_{2\text{max}}$, $\Delta 50$) em esteira seis min depois de: (1) uma carga idêntica no domínio severo (controle) e; (2) um protocolo de IRS (6 x 40 m, 1 min de recuperação passiva). Foi aplicada a correlação de Pearson para avaliar a relação entre os índices analisados. O efeito principal para todas as variáveis analisadas foi determinado utilizando a análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas. Adotou-se um nível de significância de $p \leq 0,05$. A constante tempo do componente primário (τ_p) não foi significativamente mais rápida em nenhuma das condições (controle = $16,0 \pm 6,3$ s; severo prévio = $14,3 \pm 5,4$ s; IRS prévio = $12,3 \pm 6,2$ s). Os *sprints* prévios elevaram de maneira significativa as concentrações de lactato sanguíneo ($[\text{La}]$; ~ 11 mmol.L^{-1}), o $\text{VO}_{2\text{baseline}}$ ($0,93$ L.min^{-1}) e a frequência cardíaca (FC; 124 bpm) antes do início do exercício severo. Entretanto, ambos severo e IRS prévio aumentaram significativamente a amplitude primária (A_p) absoluta ($3,77$ L.min^{-1} e $3,79$ L.min^{-1} , respectivamente), reduziram a amplitude do componente lento (A_s ; $0,26$ L.min^{-1} e $0,21$ L.min^{-1} , respectivamente) e o *mean response time* (MRT; 28,9 s e 28,0 s, respectivamente) na mesma magnitude durante as cargas subsequentes ($p < 0,05$). Este estudo demonstrou que diferentes modos e intensidades de exercício prévio não aceleram a fase primária (τ_p) da cinética de VO_2 e provocam similar efeito sobre resposta total de VO_2 , bem como, no componente lento de VO_2 na intensidade do domínio severo na corrida.

Palavras-chave: exercício prévio, cinética do consumo de oxigênio, lactato sanguíneo, corrida de intensidade severa.

ABSTRACT

The oxygen uptake (VO_2) measured at pulmonary level reflects changes in oxidative metabolism in active tissues. The aim of this study was to compare the effects of two different modes of prior exercise (sustained severe exercise versus intermittent repeated sprints - IRS) on VO_2 kinetics parameters during severe intensity running. Thirteen male amateur futsal players (age 22.8 ± 6.1 years; mass 76.0 ± 10.2 kg; height 178.7 ± 6.6 cm; $\text{VO}_{2\text{max}}$ 58.1 ± 4.5 ml.kg $^{-1}$.min $^{-1}$) performed a maximal incremental running test on the motorized treadmill for the determination of gas exchange threshold (GET) and maximal VO_2 ($\text{VO}_{2\text{max}}$). In two different days, the subjects completed a 6-min bout of severe exercise (50 % of the difference between the VO_2 at LV and $\text{VO}_{2\text{max}}$ - Δ 50) on a treadmill 6 min after: (1) an identical bout of severe exercise (control) and; (2) a protocol of IRS (6 x 40 m; 1 min of passive recovery). Pearson product moment correlations were used to assess the relationships between parameters. Main effects for all variables were determined using one-way repeated-measures analysis of variance. The level of significance was set at $p \leq 0.05$. The time constant of VO_2 primary component (τ_p) was not significantly different in all conditions (control = 16.0 ± 6.3 s; prior severe exercise = 14.3 ± 5.4 s; prior IRS = 12.3 ± 6.2 s). Prior sprint exercise significantly elevated the blood lactate concentration ($[\text{La}]$; ~ 11 mmol.L $^{-1}$), VO_2 baseline (0.93 L.min $^{-1}$) and heart rate (HR; 124 bpm) before to the onset of severe exercise. However, both prior severe running and prior IRS exercise significantly increased the absolute primary VO_2 amplitude (3.77 L.min $^{-1}$ and 3.79 L.min $^{-1}$, respectively), reduced the amplitude of the VO_2 slow component (0.26 L.min $^{-1}$ and 0.21 L.min $^{-1}$, respectively) and decreased the mean response time (MRT; 28.9 s and 28.0 s, respectively) in the same magnitude during subsequently bouts ($p < 0.05$). This study showed that different modes and intensities of prior exercise does not alter the primary phase of VO_2 kinetics and trigger similar effect on overall VO_2 kinetics as well as in the VO_2 slow component amplitude in severe domain intensity running.

Keywords: priming exercise, oxygen uptake kinetics, blood lactate, severe intensity running.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo esquemático da sequência de testes.....	47
Figura 2: Ilustração do percurso no protocolo de <i>sprints</i> repetidos intermitentes.....	52
Figura 3: Perfil do comportamento da frequência cardíaca (FC) e dos tempos durante o protocolo de IRS (<i>intermittent repeated sprint</i>) para a média do grupo.....	54
Figura 4: Resposta do consumo de oxigênio (VO_2) ao exercício severo ($\Delta 50$) em duas cargas subsequentes separadas por 6 min de recuperação passiva em um sujeito representativo.....	57
Figura 5: Resposta do consumo de oxigênio (VO_2) ao exercício severo ($\Delta 50$) em duas cargas sem e com exercício prévio no mesmo sujeito representativo.....	57
Figura 6: Resposta da frequência cardíaca (FC) ao exercício severo ($\Delta 50$) nas três condições analisadas no estudo, no mesmo sujeito representativo.....	58
Figura 7: Correlação entre o τ da fase primária no controle com o $\Delta \tau$ no severo prévio e no IRS prévio.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média e desvio padrão (\pm DP) referentes às características dos sujeitos do estudo (n=13).	45
Tabela 2: Média e desvio padrão (\pm DP) dos valores de frequência cardíaca, das concentrações de lactato sanguíneo e de percepção de esforço obtidos durante o teste incremental.	53
Tabela 3: Índices fisiológicos obtidos durante o teste incremental.	53
Tabela 4: Índices de desempenho e fisiológicos obtidos durante o protocolo de <i>sprints</i> repetidos.	54
Tabela 5: Cinética do consumo de oxigênio durante as cargas controle, exercício severo e IRS prévio.....	56
Tabela 6: Comportamento das concentrações de lactato sanguíneo e da frequência cardíaca durante as cargas controle, exercício severo e IRS prévio.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VO₂: consumo de oxigênio
VO₂max: Consumo máximo de oxigênio
PV: pico de velocidade
FC: frequência cardíaca
FCmax: frequência cardíaca máxima
%FCmax: percentual da FCmax
[La]: concentração de lactato sanguíneo.
LV: Limiar ventilatório.
MLSS: *maximal lactate steady-state*
OBLA: *Onset blood lactate accumulation*
LTF₁: primeiro limiar de transição fisiológica
LTF₂: segundo limiar de transição fisiológica
RSA: *repeated-sprint ability*
IRS: *intermittent repeated-sprint*
TT: tempo total
MT: melhor tempo
PT: pior tempo
TM: tempo médio
S_{dec}: percentual de decréscimo nos *sprints*
LAC_{peak}: pico de lactato obtido após o IRS
ATP: adenosina trifosfato
PCr: fosfocreatina
PSE: percepção subjetiva de esforço
 τ : constante tempo
VO₂(*t*): VO₂ absoluto num dado tempo *t*
VO₂base: média de VO₂ no período de linha de base
A_p: amplitude do VO₂ na fase primária
A_s: amplitude do componente lento de VO₂
TD_p: tempo de atraso na fase primária
TD_s: tempo de atraso na fase lenta
 τ_p : constante tempo da fase primária
 τ_s : constante tempo da fase lenta
MRT: *mean response time*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	23
1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA	23
1.2 OBJETIVOS	27
1.2.1 Objetivo geral	27
1.2.2 Objetivos específicos.....	27
1.3 DEFINIÇÃO DAS HIPÓTESES.....	28
1.4 JUSTIFICATIVA	28
1.5 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS.....	29
1.6 DEFINIÇÃO DE TERMOS.....	31
1.7 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	31
2. REVISÃO DE LITERATURA	33
2.1 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO FUTSAL	33
2.2 CINÉTICA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO.....	34
2.3 RESPOSTAS <i>ON</i> E <i>OFF</i> DA CINÉTICA DE VO₂.....	36
2.4 CAPACIDADE DE <i>SPRINTS</i> REPETIDOS (RSA).....	39
2.5 EXERCÍCIO PRÉVIO.....	41
3. MATERIAIS E MÉTODO.....	45
3.1 MODELO DO ESTUDO.....	45
3.2 SUJEITOS DO ESTUDO.....	45
3.3 COLETA DE DADOS	46
3.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS.....	47
3.4.1 Avaliação antropométrica.....	47
3.4.2 Protocolo incremental na esteira rolante.....	48
3.4.3 Protocolo dos testes de carga constante.....	49
3.4.4 Protocolo dos <i>sprints</i> repetidos.....	51
3.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	52
4. RESULTADOS	53
5. DISCUSSÃO	61
6. CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE.....	83

1. INTRODUÇÃO

1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA

Comumente nos exercícios físicos cíclicos com duração superior a 90 segundos, o sistema oxidativo assume a função prioritária na transferência de energia química contida nos substratos energéticos para os mecanismos da contração muscular. Ao final dessa via metabólica, nota-se que o oxigênio (O_2) age como receptor de elétrons ligando-se ao hidrogênio (H^+) no complexo IV da cadeia transportadora de elétrons da mitocôndria. Dessa forma, tem sido sugerido que a resposta do consumo de O_2 (VO_2) durante (ROSSITER et al., 2002) e após (IDSTRÖM et al., 1985) o exercício reflete os mecanismos reguladores do metabolismo celular oxidativo.

O comportamento do VO_2 durante atividades físicas de diferentes magnitudes têm sido amplamente estudado em indivíduos fisicamente ativos, atletas de modalidades cíclicas e sedentários (CARTER et al., 2000; CAPUTO; DENADAI, 2008; BAILEY et al., 2009). Sabe-se que esse comportamento difere conforme há um aumento na intensidade de exercício (XU; RHODES, 1999) e pode apresentar uma relação curvilínea quando realizado de forma incremental, ou exponencial se obtido em velocidades constantes (DENADAI; CAPUTO, 2003). A cinética do VO_2 , portanto, pode ser considerada o estudo dos mecanismos fisiológicos responsáveis pela dinâmica das respostas do VO_2 ao exercício e sua subsequente recuperação (JONES; POOLE, 2005).

Gaesser e Poole (1996) demonstraram a existência de três domínios de intensidade de esforço, o moderado englobando o exercício realizado abaixo do primeiro limiar de transição fisiológica (LTF_1), o domínio pesado para todas as atividades realizadas entre o LTF_1 e o segundo limiar de transição (LTF_2), e o domínio severo para todas as intensidades de esforço acima do LTF_2 . O comportamento da cinética de VO_2 apresenta características diferentes para cada um destes domínios e geralmente pode ser expressa por um ajuste monoexponencial para os domínios moderado e severo (quando realizado acima do VO_{2max}) e; bi-exponencial nos domínios pesado e severo (abaixo do VO_{2max}) (XU; RHODES, 1999; DENADAI; CAPUTO, 2003). O VO_2 mensurado a nível pulmonar reflete as mudanças no metabolismo oxidativo nos tecidos ativos. Assim, as respostas do VO_2 no início do exercício (resposta cinética *on*) refletem os ajustes tanto do transporte sistêmico de O_2 quanto do metabolismo muscular (XU; RHODES, 1999).

O exercício prévio tem sido reconhecido como uma intervenção aguda que tem efeitos notáveis no metabolismo, equilíbrio ácido-básico e nas respostas cardiovasculares no exercício subsequente (BURNLEY; KOPPO; JONES, 2005). Ainda são poucos os estudos disponíveis na literatura que se propuseram a investigar o efeito do exercício prévio na cinética de VO_2 em atletas de esportes coletivos (BUCHHEIT; LAURSEN; AHMAIDI, 2009) e há a existência de algumas pesquisas (DUPONT et al., 2005; RAMPININI et al., 2009; DUPONT et al., 2010) que têm demonstrado relação dos parâmetros da cinética de VO_2 (e.g., τ_p) com as variáveis envolvidas nos testes de RSA (e.g., tempo médio e índice de fadiga). É importante ressaltar que a cinética de VO_2 é dependente do status de treinamento (FAISAL et al., 2009) e do modo de exercício realizado (CARTER et al., 2000) e assim pode-se esperar que esportistas de modalidades coletivas, como é o caso do futsal, podem apresentar características próprias (CASTAGNA et al., 2009) na resposta de consumo de O_2 numa carga de exercício subsequente.

Gerbino, Ward e Whipp (1996) demonstraram que o exercício prévio moderado não alterou a cinética de VO_2 no domínio pesado e vice-versa. Porém, uma série prévia de exercício pesado em cicloergômetro (seis minutos antes) pode acelerar a resposta total da cinética de VO_2 durante uma segunda transição na mesma intensidade. Esses achados tiveram importantes implicações, visto que nenhum outro estudo tinha demonstrado que a cinética de VO_2 em humanos exercitando-se ao nível do mar, poderia acelerar devido a uma intervenção aguda, não farmacológica (BURNLEY; KOPPO; JONES, 2005).

Desde então, tem sido debatido na literatura os prováveis mecanismos que podem interferir no efeito do exercício prévio, os quais estariam ligados a uma limitação central pela disponibilidade de O_2 (GERBINO; WARD; WHIPP, 1996; MCDONALD et al., 1997; TSCHAKOVSKY; HUGHSON, 1999; FAISAL et al. 2009) ou podem ser limitados por uma inércia metabólica intrínseca da célula (ROSSITER et al., 2001; BURNLEY et al., 2002; WILKERSON et al., 2004; GURD et al., 2005). Tem sido indicado que uma acidose metabólica é necessária para que o perfil da resposta do VO_2 seja alterado em uma série subsequente de exercício. Gerbino, Ward e Whipp (1996) propuseram que a acidose residual presente após uma série de exercício pesado pode promover vasodilatação e perfusão muscular e, portanto, compensar uma deficiência na disponibilidade de oxigênio (déficit de O_2) no início de uma segunda série de exercício pesado. Além disso, uma elevada concentração de lactato sanguíneo

[La] por si só pode aumentar o VO_2 total durante o exercício pela estimulação da respiração mitocondrial (BURNLEY; KOPPO; JONES, 2005).

No entanto, estudos mais recentes têm demonstrados resultados controversos, sujeitos fisicamente ativos durante a corrida no domínio severo ($\Delta 70$ – intensidade correspondente a 70% da diferença entre o VO_2 no LTF_1 e o VO_2max) que gerou uma acidose metabólica considerável não alterou a resposta do VO_2 numa carga posterior (6 min após a primeira) na mesma intensidade (JONES et al., 2008) e, por outro lado, em atletas de *endurance* durante o exercício no domínio moderado (80% do LTF_1) em cicloergômetro, que não alterou as [La], acelerou a cinética de VO_2 (τ do componente primário) no exercício pesado posterior (FAISAL et al., 2009). Assim, ainda não está bem claro o efeito da intensidade do exercício prévio no comportamento do VO_2 .

Algumas pesquisas realizadas no cicloergômetro que abordaram a influência do exercício prévio na forma de *sprints* (estímulos de 30 s *all-out*) na cinética de VO_2 encontraram resultados inconclusivos (BURNLEY; DOUST; JONES, 2002; TORDI et al., 2003; WILKERSON et al., 2004; LANZI et al., 2012). Tem sido demonstrado que a cinética do VO_2 durante a corrida comparada com o ciclismo parece ser mais rápida e a amplitude do componente lento menor (CARTER et al., 2000; 2002; JONES et al., 2008) e que na corrida, evidências científicas para esses potenciais efeitos em humanos (e.g., diminuição do déficit de O_2 e do componente lento) ainda são limitadas. Mais recentemente, no único estudo de nosso conhecimento com esse tipo de design na corrida, Bucheit, Laursen e Ahmaidi (2009) verificaram o efeito do exercício prévio na forma de *sprints* repetidos (6 x 25 m, 25 s de recuperação ativa) sobre a cinética de VO_2 em intensidade moderada subsequente, em 14 atletas moderadamente treinados. Esses autores demonstraram que o τ da fase primária foi mais rápido após o exercício prévio, entretanto, isto se constatou somente no grupo de indivíduos que possuíam uma cinética moderadamente rápida ($n=8$; $\tau \sim 21$ s) e não para os sujeitos que apresentaram um τ mais rápido ($n=6$; ~ 13 s).

A degradação dos níveis de fosfocreatina (PCr) durante os *sprints* pode estar ligada à ativação do sistema oxidativo (ROSSITER et al., 2002), ou seja, conforme há uma redução acentuada dos estoques de PCr, fenômeno este esperado na execução de *sprints* sucessivos, esse sistema busca agir mais rápido para manter a geração de energia. Além disto, a alteração nos valores de outros metabólitos como o ADP, os íons H^+ , e o piruvato devido uma acidose alta nesse tipo de exercício,

podem também estar ligados à uma ativação da fosforilação oxidativa mais rápida na busca de manter os níveis de ATP e da produção de trabalho (GAITANOS et al., 1993; TOMLIN; WENGER, 2001; BURNLEY et al., 2002; DUPONT et al., 2005; RAMPININI et al., 2009). Wilkerson et al. (2004) afirmam ainda que a realização prévia de *sprints* máximos aumenta o fornecimento e a disponibilidade de O₂ para o músculo em um possível trabalho subsequente.

Por outro lado, segundo Burnley et al. (2002), a fadiga muscular gerada na performance de *sprints* estaria relacionada à diferentes padrões de recrutamento motor e um recrutamento de fibras tipo II menos eficientes que poderia proporcionar uma aceleração na resposta primária da cinética de VO₂ (BURNLEY; KOPPO; JONES, 2005). No entanto, Burnley, Doust e Jones (2002) não observaram uma resposta mais rápida da cinética de VO₂ no domínio pesado (Δ 50) seis min após a execução de um *sprint* máximo de 30 s em cicloergômetro quando compararam com o efeito do exercício prévio na mesma intensidade. Porém, ambos foram diferentes da carga controle para as amplitudes primária e lenta (resposta total do VO₂).

Portanto, parece que a acidose residual e a fadiga gerada durante o exercício prévio (dependente da intensidade de exercício) influenciam nas respostas do VO₂ numa carga posterior (BURNLEY; KOPPO; JONES, 2005), e que o padrão de recrutamento motor, o tipo de fibra utilizada ou as contrações exigidas durante a atividade (razão concêntrica/excêntrica) podem acarretar em respostas diferenciadas no exercício subsequente (JONES; PRINGLE; CARTER, 2005). Ainda é pouco conhecido qual o efeito do tipo de intensidade de exercício (e.g., intensidade severa continua ou *sprints* máximos intermitentes) desempenhado pelo mesmo grupo muscular (e.g., membros inferiores) na resposta do VO₂ em exercício de corrida subsequente. Até a presente data parece não haver estudos na literatura que investigaram qual a implicação do exercício prévio na forma de *sprints* repetidos intermitentes (IRS) no comportamento da cinética de VO₂ durante a corrida no domínio severo submáximo, visto que, neste domínio de esforço a amplitude do componente lento pode ser relativamente maior em comparação com outras intensidades (CARTER et al., 2002).

Além disso, a execução prévia de *sprints* com mudanças de sentido, devido às frenagens e acelerações que acarretam em elevado número de contrações excêntricas (Brughelli et al., 2008), podem causar uma maior exigência metabólica, maior fadiga muscular com recrutamento precoce de fibras menos eficientes, um possível fornecimento de O₂ aumentado, alteração nos metabólitos intracelulares

e, dessa forma, influenciar nos resultados observados. Portanto, será que a execução prévia de IRS poderá ter um efeito diferente na cinética de VO_2 , quando comparado com o exercício de carga constante?

Dessa forma, considerando esses pressupostos, formulou-se as seguintes questões a investigar: i) O efeito do exercício prévio é dependente da intensidade (*sprints* máximos) ou o exercício contínuo de corrida previamente realizado no domínio severo influenciará na mesma magnitude a cinética do consumo de oxigênio numa carga posterior na mesma intensidade? ii) qual será o efeito do exercício prévio na forma de *sprints* intermitentes na cinética de VO_2 durante a corrida no domínio de esforço severo?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Investigar o efeito da intensidade do exercício prévio sobre a cinética de consumo de oxigênio durante a corrida no domínio severo de esforço em atletas amadores de futsal.

1.2.2 Objetivos específicos

- 1) Analisar o efeito do exercício prévio na forma de *sprints* intermitentes na resposta da cinética de consumo de oxigênio durante a corrida no domínio severo de esforço;
- 2) Analisar o efeito do exercício contínuo previamente realizado no domínio severo na cinética de consumo de oxigênio numa transição posterior na mesma intensidade de exercício;
- 3) Comparar o efeito do exercício prévio de *sprints* intermitentes com o exercício previamente realizado no domínio severo na resposta da cinética de consumo de oxigênio neste domínio de esforço;
- 4) Verificar a relação entre as variáveis relacionadas ao desempenho anaeróbio com a resposta da cinética de consumo de oxigênio no domínio severo de esforço.

1.3 DEFINIÇÃO DAS HIPÓTESES

As hipóteses do presente trabalho serão as seguintes:

H1: O exercício prévio na forma de *sprints* intermitentes acelera a resposta total da cinética de VO_2 , mais especificamente, aumenta a amplitude absoluta do componente primário e diminui a amplitude do componente lento e/ou o MRT (*mean reponse time*);

H2: O exercício severo prévio contínuo acelera a resposta total da cinética de VO_2 , mais especificamente, aumenta a amplitude absoluta do componente primário e diminui a amplitude do componente lento e/ou o MRT (*mean reponse time*);

H3: O efeito do exercício prévio de *sprints* intermitentes na cinética de VO_2 total é de maior magnitude em comparação ao exercício previamente realizado no domínio severo de esforço.

H4: Existe correlação entre as variáveis relacionadas ao desempenho anaeróbio com a resposta da cinética de consumo de oxigênio no domínio severo de intensidade de exercício.

1.4 JUSTIFICATIVA

Muitos trabalhos têm investigado o comportamento da cinética de VO_2 em esportes individuais e nas modalidades cíclicas, porém são poucos os estudos que buscaram compreender esta temática em esportes coletivos acíclicos e intermitentes. Algumas pesquisas, principalmente na última década, têm buscado analisar as respostas da cinética de VO_2 em jogadores de futebol relacionando com aspectos de desempenho específicos da modalidade (MARWOOD et al., 2011; CHRISTENSEN et al., 2011), e algumas tem demonstrado relação com as variáveis envolvidas nos testes de RSA (DUPONT et al., 2005; RAMPININI et al., 2009; DUPONT et al., 2010). No futsal a exigência da execução de diferentes *sprints* com períodos muitas vezes incompletos de recuperação faz com que os atletas tenham uma maior dependência da capacidade anaeróbia e da habilidade de repetir *sprints* comparado com o futebol (BARBERO ALVAREZ; BARBERO ALVAREZ, 2003; BARBERO ALVAREZ et al., 2008; GOROSTIAGA et al., 2009). Entretanto, são escassos os estudos na literatura com outros esportes coletivos e, entre as modalidades de quadra (*indoor*), principalmente com o futsal, não é de nosso conhecimento a existência de trabalhos que tenham investigado os aspectos envolvidos com a cinética de VO_2 ou buscado relacionar esta a com capacidade de repetir *sprints* intermitentes (IRS).

Além disso, algumas pesquisas que abordaram a influência do exercício prévio na forma de *sprints* na cinética de VO_2 , porém, em sua grande maioria essas pesquisas foram realizadas no cicloergômetro (BURNLEY et al., 2002; TORDI et al., 2003; WILKERSON et al., 2004) e, até o momento, parece existir somente uma pesquisa que investigou o efeito de *sprints* repetidos numa carga posterior de corrida de intensidade moderada (BUCHHEIT; LAURSEN; AHMAIDI, 2009). Este é um tema que precisa ser abordado mais amplamente para que possamos responder a algumas perguntas como, por exemplo: *sprints* intermitentes máximos (maior período de recuperação) terão um efeito de diferente magnitude sobre a cinética de VO_2 no domínio severo de esforço na corrida quando comparado com o exercício severo prévio de forma contínua?

Ainda, sabe-se que, a cinética ‘total’ do VO_2 (e.g., *mean response time* – MRT) parece ser mais rápida durante a corrida comparada com o ciclismo (CARTER et al., 2000; JONES et al., 2008). O tipo e intensidade de exercício prévio (*sprints* intermitentes ou exercício contínuo de carga constante) podem alterar os mecanismos fisiológicos e o padrão de recrutamento motor (JONES; PRINGLE; CARTER, 2005) e assim, influenciar as respostas do VO_2 numa carga posterior de maneira diferenciada (BURNLEY; KOPPO; JONES, 2005).

Portanto o *design* do presente estudo com a execução de *sprints* máximos intermitentes previamente à realização de corrida no domínio severo de esforço buscou responder as perguntas que foram realizadas acima, bem como, um entendimento maior dessa lacuna na literatura sobre o efeito da intensidade do exercício prévio e o tipo do mesmo no comportamento do VO_2 em praticantes de futsal. Dessa forma, justifica-se a realização da presente pesquisa, visto que a mesma poderá dar uma compreensão dos mecanismos fisiológicos que interferem na cinética de VO_2 em atletas da modalidade, e servir de base para futuros estudos.

1.5 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS

Consumo máximo de oxigênio (VO_{2max})

Conceitual: a mais alta captação de oxigênio alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar (ASTRAND, 1952).

Operacional: o VO_{2max} foi o valor obtido no teste incremental em esteira rolante realizado no laboratório expresso em $L \cdot min^{-1}$ ou $ml \cdot kg \cdot min^{-1}$ com base nos critérios propostos por Howley, Basset e Welch (1995).

Pico de velocidade (PV)

A máxima velocidade alcançada em testes progressivos em laboratório ou campo apresentado como um indicador de potência aeróbia (DE-OLIVEIRA, 2004).

Operacional: determinado como a maior velocidade em Km.h^{-1} alcançada pelos atletas durante o teste incremental em esteira rolante realizado no laboratório.

Limiar ventilatório (LV)

Conceitual: Momento no qual ocorreu um aumento não linear na produção de dióxido de carbono (VCO_2) e um aumento nos equivalentes ventilatórios de consumo de O_2 (VE/VO_2) sem um aumento evidente nos equivalentes ventilatórios de CO_2 (VE/VCO_2) (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986).

Operacional: Foi determinado por meio da inspeção visual por avaliadores experientes para encontrar a intensidade referente a partir dos resultados obtidos no teste incremental em esteira rolante realizado no laboratório.

Melhor Tempo (MT)

Conceitual: O MT é o menor valor em segundos obtido em cada esforço durante um teste (GLAISTER et al., 2008).

Operacional: Foi considerado como o menor tempo de *sprint* alcançado durante o protocolo de IRS.

Tempo total (TT)

Conceitual: O TT é o valor total obtido em segundos para a realização de um teste (GLAISTER et al., 2008).

Operacional: Foi considerado como o tempo total alcançado durante o protocolo de IRS.

Percentual de decréscimo nos *sprints* (S_{dec})

Conceitual: O S_{dec} é a incapacidade de manutenção da produção de potência ou força durante os *sprints* repetidos (GLAISTER et al., 2008).

Operacional: Foi considerado como o somatório de todos os tempos no protocolo de IRS dividido pelo melhor tempo e multiplicado pelo número de *sprints*, com este resultado multiplicado por cem e subtraído por cem.

Pico de concentração de lactato sanguíneo ($[La]_{peak}$)

Conceitual: O $[La]_{peak}$ obtido pós-exercícios de alta intensidade tem sido utilizado como indicativo da capacidade glicolítica (JACOBS, 1986).

Operacional: O $[La]_{peak}$ foi considerado o maior valor da concentração de lactato sanguíneo obtido entre o 3º e o 5º minuto de recuperação após a realização do protocolo de IRS.

1.6 DEFINIÇÃO DE TERMOS

Resposta *on* da cinética de VO_2

Fase inicial da transição do estado de repouso para o exercício no comportamento da cinética do consumo de oxigênio (ROSSITER et al., 2002).

Resposta *total* da cinética de VO_2

Geralmente referida quando analisa-se as amplitudes primária e lenta e/ou quando refere-se ao tempo de resposta médio (MRT – *mean response time*) (JONES et al., 2008).

1.7 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo foi realizado no laboratório de esforço físico (LAEF) e na quadra poliesportiva da Universidade Federal de Santa Catarina, na cidade de Florianópolis com atletas amadores de futsal do sexo masculino, moradores da região, no primeiro semestre de 2013. A pesquisa está delimitada nas questões pertinentes ao desempenho anaeróbio e aeróbio, analisando a *performance* na execução de *sprints* repetidos intermitentes e a influência desta no comportamento do consumo de oxigênio dos indivíduos supracitados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO FUTSAL

O futsal é um esporte realizado em uma quadra de 20 x 40 m e substituições ilimitadas são permitidas durante as partidas. Os movimentos característicos durante os jogos e a dinâmica de substituição dos jogadores durante dois períodos de 20 min cronometrados caracterizam o esporte como uma modalidade intermitente de alta intensidade com a exigência de diferentes deslocamentos de intensidades e sentidos variados durante o decorrer do jogo. Recentes estudos que realizaram a análise do padrão de movimento da modalidade afirmam que, a cada 3 s aproximadamente ocorre uma mudança do modo locomotor da atividade, e a cada 23 s é executado um esforço de intensidade elevada, o correspondente por volta de 22 % do tempo ou distância total do jogo. Atualmente os jogadores de futsal percorrem durante a competição de 7 – 12 % da distância total da partida em esforços máximos ou *sprints* ($> 25,1 \text{ km.h}^{-1}$) (BARBERO ÁLVAREZ et al., 2008; CASTAGNA et al., 2009; CASTAGNA; BARBERO ÁLVAREZ, 2010; DROGAMACI; WATSFORD; MURPHY, 2011).

Importante ressaltar que os atletas da modalidade executam deslocamentos na forma de *sprints* com diferentes períodos de duração e recuperação (BARBERO ÁLVAREZ et al., 2008) exigindo tanto da via anaeróbia para fornecer energia durante os estímulos de intensidade máxima como da via aeróbia para manutenção da performance e recuperação durante os períodos de moderada intensidade (CASTAGNA et al., 2009). Além disso, os atletas de futsal permanecem a maior parte do tempo do jogo com a frequência cardíaca acima de 80% da máxima predita (BARBERO ÁLVAREZ et al., 2008; CASTAGNA et al., 2009). Assim, pode se esperar que os atletas que possuem ajustes mais rápidos na cinética de VO_2 poderão apresentar um melhor desempenho na modalidade.

Deve-se considerar que o futsal apresenta diferenças intrínsecas em comparação ao futebol (BARBERO ÁLVAREZ et al., 2008; GOROSTIAGA et al., 2009), entre as quais se destacam as características de padrão de movimento. Para o futsal há a execução de um maior número de corridas de alta intensidade, *sprints* e mudanças de sentido, o que acarreta uma maior exigência de frenagens e acelerações (BARBERO ÁLVAREZ et al., 2008; CASTAGNA et al., 2009; GOROSTIAGA et al., 2009); assim sendo, há uma maior solicitação das

vias anaeróbias para suplementar a demanda energética do metabolismo. No entanto, por ser um esporte caracterizado pela combinação de ações de elevadas intensidades, intercaladas com períodos de recuperação variáveis durante o período de jogo, o futsal é uma modalidade que depende tanto de variáveis relacionadas ao metabolismo aeróbio quanto anaeróbio (MEDINA et al., 2002; BARBERO ÁLVAREZ et al., 2008).

Para ocupar os espaços da quadra em diferentes situações de jogo, os atletas alteram constantemente o ritmo, o sentido e a distância de corrida em cada ação efetuada (ARINS; SILVA, 2007), sendo que o deslocamento dos jogadores é determinado, principalmente, pela posição tática desempenhada, sugerindo que cada um possui níveis de solicitação metabólica específicas, o que resulta em demandas fisiológicas diferenciadas (BARBERO ÁLVAREZ et al., 2009). Nesse sentido, Barbero Álvarez et al. (2008) afirmam que a razão trabalho-reposo no futsal é de 1:1, sendo que trabalho significa a distância percorrida em média, alta ou máxima velocidade e repouso significa que o jogador encontra-se parado, caminhando ou trotando. Assim, essas características de jogo não permitem uma recuperação completa do atleta (CASTAGNA et al., 2009).

De acordo com Medina et al. (2002), para a execução de esforços de máxima intensidade e curta duração (*sprints*, um contra um, saídas de pressão) a energia é proveniente, principalmente, do sistema ATP-CP. Por sua vez, nas sequências de ações de transições ataque-defesa e contra-ataques sucessivos, o metabolismo anaeróbio láctico é o principal responsável pela manutenção do esforço. Por fim, durante o transcorrer de toda a partida a via aeróbia possui uma participação significativa por volta de 90% dos esforços (MEDINA et al., 2002; BARBERO ÁLVAREZ et al., 2008; CASTAGNA et al., 2009).

Entretanto, até a presente data são poucos estudos que avaliaram as características fisiológicas do futsal. Uma das lacunas existentes é a relação entre desempenho anaeróbio e capacidade de *sprints* repetidos (característicos da modalidade) com os aspectos relacionados ao comportamento do consumo de oxigênio.

2.2 CINÉTICA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO

Desde 1923 quando Archibald Vivian Hill e Hartley Lupton ganharam o prêmio Nobel, o consumo de oxigênio (VO_2) passou a ter presença frequente nas pesquisas sobre as respostas fisiológicas durante o exercício. Cerca de 100 anos atrás, Krogh e Lindhard (1913) analisaram o consumo de O_2 em um intervalo de tempo específico após

o início de exercício de intensidade moderada. Os autores encontraram que o VO_2 alcançava um estado estável em seus valores com 1 – 2 minutos de exercício leve, com 3 minutos para o exercício moderado, mas não encontrava o estado de equilíbrio com um exercício muito pesado. Por cerca de 40 anos os estudos pioneiros de Krogh e Lindhard foram seguidos com um foco principal na resposta do VO_2 depois do exercício.

Mais recentemente, estudos realizados por Gaesser e Poole (1996) propuseram três domínios de intensidade de exercício. O domínio moderado compreende todas as intensidades de esforço que podem ser realizadas sem alteração do lactato sanguíneo em relação aos valores de repouso ou abaixo do LV e/ou primeiro limiar de transição fisiológica (LTF_1). O domínio pesado tem como limite inferior a menor intensidade de esforço que pode ser realizada no LTF_1 e tem como limite superior a intensidade correspondente à máxima fase estável de lactato (MLSS) e/ou OBLA (*onset blood lactate accumulation*), que representam o segundo LTF (LTF_2). O domínio severo inicia após a intensidade referente ao LTF_2 , com as [La] se elevando durante todo o tempo de exercício e o VO_2 sendo projetado em direção aos valores máximos até o indivíduo atingir exaustão. Porém Hill, Poole e Smith (2002) propuseram que o limite superior do domínio severo é a intensidade de exercício acima da qual a duração do esforço é tão curta, que o $\text{VO}_{2\text{max}}$ não é atingido. Em indivíduos ativos, esta intensidade correspondeu a 136% da potência máxima atingida durante um teste incremental na bicicleta ergométrica.

Nos diferentes domínios de intensidade de exercício a cinética do VO_2 comporta-se de maneira diferente e apresenta três fases dependentes do domínio de intensidade analisado. A fase cardiodinâmica (fase 1) representa os primeiros 15 – 25 s do exercício e parece estar relacionada ao aumento do débito cardíaco e do fluxo sanguíneo nos pulmões (XU; RHODES, 1999). A fase fundamental ou primária (fase 2) parece refletir as mudanças no metabolismo oxidativo muscular com um contínuo aumento do retorno venoso e maior extração periférica de O_2 . Ainda, a fase estável (fase 3) representa o estado de equilíbrio do VO_2 para intensidades em que ele é atingido, que no domínio moderado pode apresentar um comportamento linear aproximado de 9 - 11 $\text{ml}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (WHIPP; ÖZYENER, 1998; XU; RHODES, 1999; DENADAI; CAPUTO, 2003).

O tempo de duração da fase fundamental é dependente do domínio em que o exercício é realizado podendo apresentar um (primário) ou dois componentes (primário + lento). No domínio

moderado (abaixo do LTF_1) e em indivíduos normais o VO_2 aumenta exponencialmente (componente primário) e um estado estável ocorre em 80 – 110 s. Para o exercício com intensidades acima do LTF_1 a análise da cinética torna-se mais complexa e o VO_2 eleva-se bi-exponencialmente com o surgimento do segundo componente (componente lento) que se desenvolve lentamente e atrasa a obtenção do estado estável que, quando encontrado apresenta um valor maior do que aquele que é predito na relação VO_2 versus carga abaixo do LTF_1 . Para o domínio pesado ou severo (abaixo do VO_{2max}) o componente lento atrasa o alcance deste estado de equilíbrio em torno de 15 a 20 min de exercício. No domínio severo (acima do LTF_2) o VO_2 eleva-se mono ou bi – exponencialmente dependendo da intensidade de exercício acima ou abaixo do VO_{2max} , respectivamente, até que este seja encontrado (GAESSER; POOLE, 1996; XU; RHODES, 1999; CAPUTO; DENADAI, 2008).

Nos últimos anos alguns estudiosos procuram analisar a cinética de VO_2 em esportes acíclicos e intermitentes e principalmente com futebol pode-se encontrar na literatura algumas pesquisas desde o estudo de Dupont et al. (2005) até o mais recente de Buchheit (2012). Porém muitas questões relacionadas à temática ainda estão para serem esclarecidas, como por exemplo, qual o efeito do exercício prévio na cinética de VO_2 realizada na corrida no domínio severo de esforço.

2.3 RESPOSTAS *ON* E *OFF* DA CINÉTICA DE VO_2

A fase inicial da transição do repouso para o exercício (resposta *on*) resulta em um aumento exponencial do VO_2 com concomitante degradação do adenosina trifosfato (ATP). Assim sendo, modelos matemáticos têm sido aplicados no comportamento do VO_2 para auxiliar na compreensão da dinâmica do sistema oxidativo. Da mesma forma, logo após o final do esforço físico a cinética de VO_2 demonstra um comportamento similar à resposta *on* (resposta *off*) mas em sentido decrescente (IDSTRÖM et al., 1985).

O interesse de se observar o fenômeno *on* da cinética de VO_2 por meio da resposta temporal deve-se a tentativa de compreender os fatores intracelulares que regulam a ativação do sistema oxidativo (ROSSITER et al., 2002). Rossiter et al. (2002) demonstraram que a ativação do metabolismo oxidativo é dependente da degradação do ATP e da creatina-fosfato (PCr) na fase inicial do exercício durante a fase primária da cinética *on* do VO_2 . Uma resposta *on* de VO_2 mais rápida pode reduzir o déficit de oxigênio, reduzindo o fornecimento de energia a

partir do nível de fosforilação de substratos e do acúmulo de metabólitos relacionados com a fadiga, tais como H^+ e P_i (BAILEY et al., 2009).

Depois do exercício o VO_2 decresce exponencialmente até atingir valores de base que podem permanecer elevados em relação ao repouso por algum período de tempo, fenômeno este denominado de cinética *off* do VO_2 . A resposta *off* pode ser dividida em duas fases, uma rápida que é explicada pelo restabelecimento dos estoques de O_2 no sangue e no músculo, pela ressíntese do ATP e da PCr, remoção do lactato, e um aumento da temperatura corporal, circulação e ventilação; e outra lenta associada a degradação das concentrações de lactato sanguíneo e catecolaminas induzidas pelo exercício realizado (WHIPP; ÖZYENER, 1998; XU; RHODES, 1999; BØRSHEIM, BAHR, 2003). Simetrias entre as respostas *on* e *off* da cinética de VO_2 tem sido encontradas para intensidades do domínio moderado, assim como para intensidades mais altas, do domínio pesado ao severo (ÖZYENER et al., 2001).

Segundo Whipp e Özyener (1998) os princípios da cinética *on* podem também serem aplicados a resposta *off* por possuírem comportamentos semelhantes mas em sentido contrário. Diferentes pesquisas já demonstraram que as cinéticas *off* e *on* apresentaram semelhanças independentemente do domínio de intensidade de exercício e do ergômetro utilizado (DI PRAMPERO et al., 1989; WHIPP; ÖZYENER, 1998; CARTER et al., 2000; ÖZYENER et al., 2001), porém este assunto ainda é controverso com alguns autores afirmando que a constante tempo da resposta *off* é menor que na *on* para o domínio pesado (XU; RHODES, 1999).

Özyener et al. (2001) afirmaram que para os domínios moderado e pesado a resposta *off* do VO_2 foi melhor representada por ajustes monoexponenciais, enquanto que para o domínio severo o ajuste deveria ser o bi-exponencial. No entanto, para a cinética *on* nos domínios moderado e severo acima do VO_{2max} , o ajuste mais adequado foi o monoexponencial, e nos domínios pesado e severo abaixo do VO_{2max} , bi-exponencial (XU; RHODES, 1999; DENADAI; CAPUTO, 2003).

Ainda são poucos os estudos que investigaram o comportamento da cinética de VO_2 em atletas de modalidades coletivas. Marwood et al. (2011) demonstraram que o estado de treinamento não afeta a cinética *off* após exercício no domínio moderado quando compararam 13 adolescentes (± 15 anos) jogadores de futebol com 8 adolescentes (± 15 anos) não treinados. No entanto, durante a resposta *on* a constante tempo (τ) na fase fundamental foi mais rápida para os adolescentes treinados (treinados $\tau = 22.3 \pm 7.2$ vs. não treinados $\tau = 29.8 \pm 8.4$) em estudo

similar com a mesma amostra e o mesmo delineamento (MARWOOD et al., 2010).

Christensen et al. (2011) realizaram um interessante estudo em 18 atletas adultos (idade ~23 anos) de futebol que objetivou comparar o efeito do treinamento de 2 semanas no final da temporada com o destreinamento no mesmo período de tempo. Estes autores demonstraram que o grupo (n=7) que realizou um treinamento de alta intensidade melhorou a economia de corrida (EC) e a *performance* no teste de *sprints* repetidos, enquanto que, o grupo (n=11) que realizou o destreinamento demonstrou uma cinética *on* no domínio severo mais lenta e uma redução no desempenho do teste de RSA. Dessa forma, o status de treinamento parece afetar a cinética *on* de atletas de futebol nos domínios moderado e severo tanto para adolescentes quanto para adultos (RAMPININI et al., 2009), porém a escassez de pesquisas tornam os achados inconclusivos.

Alguns estudos têm buscado investigar a relação entre a RSA e o comportamento da cinética de VO_2 em atletas de futebol. No nosso conhecimento, os primeiros a fazer isso foram Dupont et al. (2005) que demonstraram correlações positivas entre a constante τ nas respostas *on* do exercício moderado (60 % da máxima velocidade aeróbia) com o S_{dec} e com TT (ambos $r = 0,80$) no teste de *sprints* repetidos (15 x de 40 m alternados com 25 s de recuperação ativa) em 11 jogadores adultos (idade ~24 anos). Este mesmo grupo de pesquisadores encontrou relação positiva entre a τ na resposta *off* após exercício no domínio severo (120 % da máxima velocidade aeróbia) com o S_{dec} ($r = 0,85$) em um protocolo mais curto (7 x 30 m, 20 s de recuperação ativa) em 12 atletas (idade ~23 anos) amadores de futebol (DUPONT et al., 2010).

Rampinini et al. (2009) realizaram uma pesquisa interessante que verificou a relação entre um teste RSA (6 x 40 m, 20 s de recuperação passiva) com a cinética *on* do VO_2 no domínio moderado de exercício (60 % do PV) em 23 atletas de futebol (idade ~25 anos), protocolo semelhante ao utilizado por Dupont et al. (2005). Estes autores demonstraram relações significantes entre o tempo médio e o S_{dec} com a τ ($r = 0,62$ para ambos), sendo que esta última foi menor para os jogadores profissionais (n=12) em relação aos amadores (n=11) ($\tau = 27.2$ s versus 32.3 s). Assim, pode-se sugerir que os indivíduos que possuem ajustes mais rápidos do VO_2 alcançando um fornecimento de energia predominantemente através do metabolismo oxidativo e diminuindo o déficit de O_2 durante uma carga constante teriam uma melhor *performance* de RSA.

No entanto, apesar de os estudos anteriores demonstrarem haver uma relação considerável entre a RSA com a constante tempo τ da fase fundamental das respostas *on* no domínio moderado e da *off* no severo supramáximo, os estudos a tratarem da temática ainda são escassos e são necessárias novas investigações que possam explicar melhor o assunto. Além disso, parece não haver na literatura estudos que tenham investigado as relações entre os índices derivados de protocolos de *sprints* intermitentes (maior recuperação do que o adotado pelos autores mencionados acima) e a cinética de VO_2 *on* realizada na corrida de intensidade severa submáxima.

2.4 CAPACIDADE DE *SPRINTS* REPETIDOS (RSA)

Nos esportes coletivos, nesse caso especificamente o futsal, os *sprints* e habilidade de realizá-los repetidamente (*repeated-sprint ability* - RSA) são o principal fator de performance física. O desempenho no RSA requer a maior velocidade durante o primeiro *sprint* e a manutenção desta nas repetições subsequentes (DUPONT et al., 2010). Podem ser definidos dois tipos de RSA, os exercícios de *sprints* intermitentes (IRS) podem ser caracterizados por esforços de curta duração (≤ 10 s) intercalados por períodos de recuperação com tempo suficiente (60-300 s) para alcançar uma recuperação completa da performance de *sprint*. Em comparação os exercícios de *sprints* repetidos (RSE) também são caracterizados por esforços de curta duração (≤ 10 s), porém com períodos breves de recuperação (< 60 s). A maior diferença é que no IRS existe um pequeno ou nenhum percentual de decréscimo (S_{dec}) na performance dos *sprints*, enquanto que no RSE é possível identificar um alto S_{dec} (GIRARD; MENDEZ-VILLANUEVA; BISHOP, 2011).

A capacidade de repetir *sprints* parece ser determinada pela capacidade aeróbia (OBLA), potência aeróbia máxima (VO_{2max}) e a potência anaeróbia (DA SILVA; GUGLIELMO; BISHOP, 2010). Alguns estudos têm demonstrado correlação significativa entre o VO_{2max} e a RSA em atletas de futebol (BISHOP; SPENCER, 2004; DUPONT et al., 2005; DA SILVA; GUGLIELMO; BISHOP, 2010). Entretanto, este assunto ainda é controverso, pois alguns autores não encontram relações significativas entre estas variáveis em diferentes esportes (BISHOP; LAWRENCE; SPENCER, 2003; CASTAGNA et al., 2007; AZIZ et al., 2007). Estas diferenças nos resultados podem derivar do protocolo escolhido, e mais especificamente do número e

duração dos *sprints*, duração ou intensidade da recuperação (DUPONT et al., 2010).

Barbero Álvarez e Barbero Álvarez (2003) observaram que a RSA é um fator decisivo da *performance* no futsal, visto que cada série executada determina respostas metabólicas semelhantes ao que ocorre nas partidas (p.e., redução dos níveis de pH muscular, fosfocreatina e ATP, ativação da glicólise anaeróbia e significativa participação do metabolismo aeróbio) (WRAGG; MAXWELL; DOUST, 2000; SPENCER et al., 2005; BARBERO ÁLVAREZ et al., 2008). Ainda, Spencer et al. (2005) ressaltam que os jogadores capazes de manter níveis elevados de RSA apresentarão melhor *performance* durante as partidas, devido a um menor percentual de decréscimo nos *sprints*. De acordo com estudos anteriores, um modelo baseado na RSA com esforços de curta duração (5 a 30 s) é capaz de produzir melhoras na habilidade de repetir séries de exercício em intensidades referentes ao metabolismo anaeróbio, além de favorecer o aumento dos níveis de capacidade e potência aeróbia (RODAS et al., 2000; ROSS; LEVERITT, 2001; BURGOMASTER et al., 2005).

Tomlin e Wenger (2001) observaram que valores elevados de potência aeróbia podem ser determinantes na capacidade de recuperar a energia entre a RSA, sendo adequado para discriminar diferentes níveis competitivos (BARBERO ÁLVAREZ et al., 2009). Tomlin e Wenger (2001) ainda sugerem que um VO_2 elevado durante os *sprints* resulta em uma melhor manutenção da força e uma menor dependência da glicose anaeróbia. Além disso, uma maior contribuição da fosforilação oxidativa pode ser esperada em consequência de rápidos ajustes do VO_2 no início do exercício (DUPONT et al., 2005). Adicionalmente, a velocidade de recuperação do atleta durante os períodos de pausas dependerá do seu nível de capacidade aeróbia, que será determinante para que o mesmo consiga desempenhar as ações exigidas (CASTAGNA; BARBERO ÁLVAREZ, 2010).

Outro ponto a ser destacado é que no futsal a realização dos gestos motores e o padrão de movimentação requerido durante as partidas geram constantes mudanças de sentido, o que acarreta elevada exigência neuromuscular de membros inferiores dos jogadores (BARBERO ÁLVAREZ et al., 2008; CASTAGNA; BARBERO ÁLVAREZ, 2010). Conforme Brughelli et al. (2008) cada mudança de sentido requer uma força de frenagem seguida de uma força propulsiva, assim, o emprego de exercícios fundamentados na RSA que utilizam essas mudanças, parece ser uma estratégia eficiente para reproduzir a movimentação específica da modalidade.

Devido à grande importância atribuída à RSA, os profissionais envolvidos com a modalidade têm utilizado modelos relacionados a tal capacidade baseados no empirismo. A utilização desta metodologia parece ser uma prática usual na preparação física do futsal, geralmente realizada antes dos treinos técnicos/táticos e/ou na mesma sessão. Assim, torna-se interessante investigar qual o efeito que este tipo de exercício poderia ter em uma carga posterior, nas variáveis fisiológicas em um possível exercício pós-RSA e as relações envolvidas entre a performance de *sprints* intermitentes com o perfil da resposta do VO_2 .

Alguns estudos na literatura buscaram investigar a relação da cinética de VO_2 com a capacidade de repetir *sprints* em atletas de esportes coletivos (DUPONT et al., 2005; DUPONT et al., 2010; RAMPININI et al., 2009) e outros trabalhos já buscaram investigar o efeito da realização de *sprints* repetidos na cinética de VO_2 subsequente em cicloergômetro (WILKERSON et al., 2004) e na corrida como modo de exercício (BUCHHEIT, LAURSEN; AHMAIDI, 2009). Porém, alguns questionamentos ainda persistem quanto ao assunto e ainda há uma lacuna na literatura relacionada a esta temática.

2.5 EXERCÍCIO PRÉVIO

Está claramente estabelecido que a execução do exercício prévio de intensidade pesada (acima do LTF_1) afeta o comportamento do consumo de oxigênio pulmonar (VO_2) numa carga posterior de exercício pesado (GERBINO; WARD; WHIPP, 1996). A literatura tem demonstrado que a adaptação total do VO_2 foi mais rápida e a amplitude do componente lento do VO_2 foi reduzida durante a segunda de duas séries de exercício pesado. Nesse sentido, têm sido estabelecido que o exercício prévio de intensidade pesada não acelera a cinética da fase fundamental do VO_2 (i.e., constante τ) (BURNLEY; DOUST; JONES, 2002) mas aumenta a amplitude primária e diminui a amplitude do componente lento (BURNLEY et al., 2005).

Por outro lado, o estudo de Tordi et al. (2003) demonstrou que o exercício prévio de 3 séries de *sprints* de 30 s reduziu a constante tempo da fase fundamental no exercício pesado subsequente realizado no cicloergômetro com indivíduos jovens. Uma possível explicação para a disparidade desta investigação com o restante da literatura é o status de treinamento dos sujeitos estudados e a intensidade adotada.

A acidose metabólica parece ser necessária para que o perfil da resposta do VO_2 seja alterado numa série posterior de exercício. Gerbino, Ward e Whipp (1996) propõem que acidose causada pela

performance prévia de intensidade pesada pode acelerar a cinética da perfusão muscular limitada e promover vasodilatação compensando uma deficiência na disponibilidade de oxigênio no início de uma segunda série de exercício pesado. Entretanto, segundo os autores o exercício moderado prévio (que não causaria uma acidose láctica sustentada) não teria efeito na resposta do VO_2 .

Existem algumas evidências de que a acidose não é um pré-requisito necessário para que ocorram mudanças na cinética de VO_2 pós-exercício prévio. Entretanto, o exercício prévio de intensidade moderada não tem afetado a resposta do VO_2 em exercício pesado posterior na maioria dos estudos (GERBINO; WARD; WHIPP, 1996; BURNLEY et al., 2002; BURNLEY; KOPPO; JONES, 2005), com exceção de poucas pesquisas (FAISAL et al., 2009; KOPPO; BOUCKAERT, 2000 e 2002). Koppo e Bouckaert (2002) demonstraram que quando a duração do exercício moderado prévio foi estendida para igualar o trabalho total realizado durante o exercício pesado, o componente lento de VO_2 foi reduzido durante a série subsequente. Os dados deste estudo evidenciam que a resposta do VO_2 no domínio pesado pode ser alterada pelo exercício prévio que não induziu uma acidose metabólica, embora não da mesma maneira como demonstrado nos estudos usando repetidas séries de intensidade pesada.

A produção de calor muscular e o *turnover* de ATP são aparentemente inalterados na segunda de duas cargas de exercício de alta intensidade (KRUSTRUP et al. 2001; BANGSBO et al. 2001) indicando que qualquer efeito da redução no pH muscular sobre a eficiência mecânica é pequeno. Dessa forma, parece que um pH muscular reduzido não pode ser considerado um dos fatores responsáveis pelo aumento da resposta primária do VO_2 (BURNLEY et al., 2002; KRUSTRUP et al., 2001). Tem sido dito que o Ca^{2+} estimula o fluxo através do ciclo do ácido cítrico pela ativação do piruvato, isocitrato e a oxoglutarato desidrogenases. Portanto, o complexo III da cadeia transportadora de elétrons (CTE) pode ser estimulado pelo Ca^{2+} (GLANCY et al., 2013). O complexo do piruvato desidrogenase (PDH) também é ativado pelo aumento de Ca^{2+} intra-mitocôndrial no início do exercício (TSCHAKOVSKY; HUGHSON, 1999). No entanto, pequenos aumentos residuais da taxa de recuperação do Ca^{2+} no pós-exercício pode ser suficiente para estimular um aumento na respiração mitocondrial. Estes mecanismos juntamente com a disponibilidade de grupos de acetil podem levar a uma aceleração do componente primário da cinética de VO_2 (TSCHAKOVSKY; HUGHSON, 1999; GURD et al., 2006).

As principais causas de alterações na cinética de VO_2 após o exercício prévio ainda permanecem para ser resolvidas, mas pode envolver melhoras no fornecimento de O_2 , e/ou um parcial ‘alívio’ da inércia metabólica oxidativa do músculo, e/ou alterações no perfil de recrutamento das unidades motoras (BURNLEY; KOPPO; JONES, 2005). Uma melhora na contribuição oxidativa dos processos de fornecimento de energia através da transição do repouso ao exercício tem um ponto prático importante, uma cinética de VO_2 ‘total’ mais rápida depois do exercício prévio pode reduzir a taxa na qual o músculo desenvolve fadiga por uma redução na magnitude no ‘déficit de O_2 ’ muscular.

É surpreendente que a grande maioria dos estudos que investigou exercício prévio focou exclusivamente nas respostas ao exercício em cicloergômetro (JONES et al., 2008). Por exemplo, durante o exercício de corrida, sujeitos jovens treinados e indivíduos fisicamente ativos geralmente apresentam uma cinética mais rápida comparado com o ciclismo e, ainda, a constante τ da fase fundamental do VO_2 pulmonar tendeu a ser mais rápida e a amplitude do componente lento foi menor na corrida (BILLAT et al., 2000; CARTER et al., 2000; JONES et al., 2008). Deste modo, pode ser inapropriado fazer inferências de resultados de pesquisas que utilizaram o ciclismo no exercício de corrida. Até o momento, parecem existir somente duas pesquisas que investigaram o efeito do exercício prévio na resposta do VO_2 na corrida (JONES et al., 2008; BUCHEIT, LAURSEN; AHMAIDI, 2009).

Jones et al. (2008) investigaram a influência do exercício prévio em duas séries repetidas de intensidade severa de corrida em esteira (70% da diferença entre o limiar de lactato e o VO_2max) de 6 min intercaladas por 6 min de recuperação em 8 sujeitos fisicamente ativos (idade por volta de 30 anos). Estes autores não observaram diferenças significativas entre as duas séries na fase fundamental, bem como no componente lento do VO_2 . Segundo os pesquisadores a explicação para não haver efeito do exercício prévio foi devido, primeiramente a um componente primário da cinética do VO_2 relativamente rápido ($\tau \sim 16$ s) e a um componente lento relativamente pequeno na condição controle (primeira série), que é característico desse modo de exercício (corrida). Portanto a aceleração da cinética de VO_2 pelo exercício prévio pode ser dependente do modo de exercício, intensidade adotada e provavelmente pelas características fisiológicas dos sujeitos testados.

No entanto, Bucheit, Laursen e Ahmaidí, (2009) com objetivo de verificar o efeito do exercício prévio de *sprints* repetidos na cinética de VO_2 no domínio moderado, avaliaram 14 atletas (idade por volta de 23

anos) moderadamente treinados (± 5 h/semana) em modalidades distintas (basquetebol, handebol, atletismo e futebol) em uma pista sintética coberta. O design experimental foi composto por 5 min de uma carga constante a 45% do PV em um teste de campo (*Intermittent fitness test*), após 5 min a execução dos *sprints* repetidos (6 x 25 m, 25 s de recuperação ativa) e, depois de um novo intervalo de 5 min a repetição da primeira série de exercício. Estes pesquisadores encontraram que a amplitude da fase fundamental não alterou, porém, a constante tempo τ foi mais rápida (21 versus 14 s) para o grupo que apresentou uma cinética moderadamente rápida ($16 \text{ s} \geq \tau \leq 30 \text{ s}$).

Este assunto ainda apresenta lacunas de conhecimento e muitos questionamentos podem ser feitos como, por exemplo, se *sprints* intermitentes com períodos maiores de recuperação teriam efeito na cinética de VO_2 em uma carga posterior em outros domínios de esforço (e.g., severo) e, se esse efeito é dependente do tipo de exercício e/ou da recuperação ou do padrão locomotor da atividade?

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1 MODELO DO ESTUDO

O presente estudo pode ser classificado quanto a sua natureza como sendo uma pesquisa aplicada e, em relação à abordagem do problema, o estudo é considerado uma pesquisa quantitativa, pois segundo Silva et al. (2011) essa classificação pode ser empregada para estudos que tem como objetivos gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos para solucionar problemas específicos. Ainda, em relação a abordagem para os trabalhos que consideram que os dados serão quantificados para serem classificados e analisados.

Quanto aos objetivos propostos, à pesquisa caracteriza-se como sendo descritiva e, em relação aos procedimentos técnicos o estudo se enquadra como uma pesquisa empírica exploratória, pois segundo Silva et al. (2011), a pesquisa exploratória permite o pesquisador escolher as melhores técnicas e métodos para conduzir sua pesquisa e tomar decisões necessárias para enfatizar e detalhar melhor seu objeto de estudo.

3.2 SUJEITOS DO ESTUDO

A seleção dos sujeitos foi do tipo intencional não probabilística, composta por 13 jogadores amadores de futsal (tabela 1). Participaram do estudo apenas indivíduos do sexo masculino, com no mínimo três sessões e cinco horas de treinamento semanais e participação em um jogo por semana, por um período pelo menos maior que dois anos, moradores da cidade de Florianópolis.

Tabela 1: Média e desvio padrão (\pm DP) referentes às características dos sujeitos do estudo (n=13).

Idade (anos)	22,8 \pm 6,1
Massa corporal (kg)	76,0 \pm 10,2
Estatura (cm)	178,7 \pm 6,6
% de gordura	16,1 \pm 3,5
VO₂max (ml.kg.min ⁻¹)	58,1 \pm 4,5

VO₂max = consumo máximo de oxigênio.

3.3 COLETA DE DADOS

Antes de iniciarem os procedimentos para a coleta de dados os sujeitos que participaram do estudo (e os respectivos responsáveis quando necessário) foram esclarecidos sobre os objetivos e a metodologia da pesquisa para então, assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), número do parecer 208.980.

Os dados foram coletados no Laboratório de Esforço Físico (LAEF) e em uma quadra esportiva no Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no ano de 2013. O *design* do experimento ocorreu como o descrito a seguir: 1) avaliação antropométrica e teste incremental; 2) Determinação do efeito do exercício prévio na cinética de VO_2 ; 3) repetição do procedimento 2 com no mínimo 48 horas de intervalo. As avaliações foram agendadas previamente com os participantes e aplicadas no mesmo horário do dia e local para todos os sujeitos, sempre respeitando um intervalo mínimo de recuperação.

No primeiro momento foi realizado à avaliação antropométrica para ser determinada a caracterização da amostra e, em seguida os indivíduos foram submetidos ao protocolo incremental em esteira rolante para a determinação dos índices de capacidade (LTF_1 , LTF_2) e potência aeróbia (VO_{2max} e PV). No segundo e no terceiro momento do experimento (em dias separados) foram realizadas duas cargas constantes de 6 min no domínio de intensidade severo intercaladas por 6 min de recuperação passiva para determinar o comportamento da cinética de VO_2 sem influência do exercício prévio (carga controle) e pós-exercício prévio, respectivamente. Após 1 hora de intervalo os sujeitos realizaram os *sprints* intermitentes e após 6 min a execução da carga constante para verificar o efeito do IRS prévio (Figura 1).

Todos os participantes foram orientados a comparecerem alimentados e hidratados para realização das avaliações. Os sujeitos foram instruídos a abster-se de atividades extenuantes ou vigorosas no período das avaliações. Além disso, foi padronizado um protocolo de aquecimento para todos os indivíduos realizarem antes dos protocolos de IRS baseado no modelo utilizado por Bucheit et al. (2009).

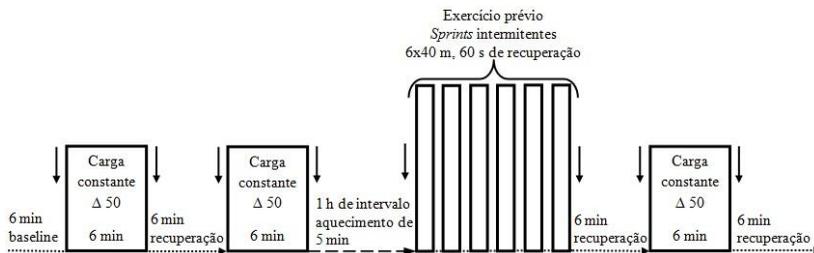


Figura 1: Modelo esquemático da sequência de testes. As setas para baixo indicam o momento em que foi realizada a coleta da amostra de sangue capilar.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

3.4.1 Avaliação antropométrica

Os procedimentos utilizados para realizar as mensurações antropométricas seguiram os protocolos definidos em Alvarez e Pavan (2003). A massa corporal foi medida utilizando-se uma balança com resolução de 0,1 kg da marca SOEHNLE. Para a determinação da estatura utilizou-se um estadiômetro com resolução de 1 mm da marca SANNY. Foram medidas cinco dobras cutâneas com um adipômetro científico com resolução de 1 mm da marca CESCORF. A densidade corporal (DC) foi estimada pela equação (1) proposta por Forsyth e Sinning (1973), específica para atletas do sexo masculino de idade entre 14 e 19 anos, com aplicação deste valor para estimar o percentual de gordura (%G) por meio da equação (2) de Siri (1961) e para os sujeitos com mais de 19 anos foi aplicada a equação (3) de Faulkner (1968) para a estimativa do %G.

$$(1) DC = 1,10647 - (0,00162 * SUB) - (0,00144 * AB) - (0,00077 * TR) + (0,00071 * AM)$$

$$(2) \text{Idade entre 17 e 19 anos: \%G} = [(4,99/DC) - 4,55] * 100$$

$$\text{Idade entre 14 e 16 anos: \%G} = [(5,07/DC) - 4,64] * 100$$

$$(3) \%G = [(TR + SUB + AB + SI) * (0,153 + 5,783)]$$

Onde: SUB = dobra subescapular; AB = abdominal; TR = tricipital; AM = axilar média; SI = supra ilíaca.

3.4.2 Protocolo incremental na esteira rolante

Os indivíduos foram submetidos a um protocolo incremental para a determinação dos índices de capacidade (LTF_1 e LTF_2) e potência aeróbia (VO_{2max} e PV). O teste foi realizado em uma esteira rolante motorizada (IMBRAMED MILLENIUM SUPER ATL 10.200) iniciando a uma velocidade de 6 km.h^{-1} e 1% de inclinação com incrementos de $0,5 \text{ km.h}^{-1}$ a cada 30 s até a exaustão voluntária. No início e no final do teste foram coletadas amostras de $25 \mu\text{L}$ de sangue do lóbulo da orelha por meio de um capilar heparinizado (BILLAT et al., 2003) e, imediatamente transferidas para microtubos de polietileno com tampa - tipo *Eppendorff* - de 1,5 mL, contendo $50 \mu\text{L}$ de solução de fluoreto de sódio (NaF) 1 % e armazenado em gelo.

A leitura das concentrações de lactato sanguíneo ([La]) foi realizada pelo analisador eletroquímico (com 2 % de erro aceitável) YSI 2700 (modelo STAT SELECT). O aparelho foi calibrado antes da realização da leitura através do uso de uma solução de concentração conhecida ($0,50 \text{ g.L}^{-1}$ de L-Lactate), como determina o fabricante (YSI Incorporate). Os valores da frequência cardíaca (FC) foram monitorados por meio de um frequencímetro incorporado no analisador de gases Cosmed modelo Quark CPET, permitindo o registro e o armazenamento do comportamento da FC a cada batimento cardíaco durante todo o teste.

O VO_2 foi mensurado respiração a respiração a partir do gás expirado por um analisador de gases da marca COSMED modelo Quark CPET com os dados reduzidos à média de 15 s. O fluxo e o volume do ar expirado foram medidos por uma turbina digital bidirecional que assegura uma exatidão grande dentro de uma escala larga de fluxo (até 20 L.s^{-1}). O analisador de gases foi calibrado periodicamente antes de cada teste utilizando gases de concentrações conhecidas de O_2 (16%) e de CO_2 (5%) e uma seringa de volume conhecido (3 litros) para assegurar as medidas exatas do ar ambiente, do gás do cilindro (alfa) e, da turbina, de acordo com as recomendações do fabricante (Cosmed S. R. L.). O VO_{2max} foi considerado como o maior valor obtido durante o teste nos intervalos de 15 s, porém, caso houvesse a observância de platô foi definido como sendo a média do minuto final de exercício (DAY et al., 2003). Os critérios para considerar que os indivíduos atingiram o VO_{2max} foram os propostos por Howley, Basset e Welch (1995). O limiar ventilatório (LV) indicador do primeiro limiar de transição fisiológica (LTF_1), foi determinado como sendo o momento no qual

ocorreu um primeiro aumento não linear na produção de dióxido de carbono (VCO_2) e um aumento no volume expirado de O_2 (VE/VO_2) sem um aumento evidente no volume expirado do CO_2 (VE/VCO_2) (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986). O segundo LV indicador do LTF_2 foi identificado pelo momento que ocorreu um segundo aumento não linear no VCO_2 e um aumento também da VE/VCO_2 (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986).

3.4.3 Protocolo dos testes de carga constante

Em dois dias diferentes (separados por pelo menos 48 horas de recuperação) os sujeitos realizaram seis transições em momentos diferentes para determinação do efeito do exercício prévio na cinética de VO_2 (Figura 1). Foram realizadas transições no domínio severo de intensidade, sendo a velocidade mantida no $\Delta 50$ (LV mais 50% da diferença entre o LV e o VO_{2max}) em esteira rolante com 6 minutos de duração cada. Segundo Carter et al. (2000) e Billat et al. (2000), intensidades no $\Delta 50$ na corrida como modo de exercício estão situadas no domínio severo de esforço. Cada transição iniciou com medidas de VO_2 em repouso por um período de três minutos para identificar a “linha de base”, durante o qual o sujeito ficou parado em pé na esteira, antes de uma transição abrupta para carga de trabalho destinada. Os sujeitos sustentavam o próprio peso do corpo com os braços segurando nas barras laterais, e começavam a correr até suas pernas alcançarem a velocidade predefinida na esteira. Após duas ou três passadas em média, os indivíduos soltavam as barras e davam continuidade a corrida. Ao término dos seis min de corrida, o atleta ficou ainda acoplado ao analisador de gases por mais 6 min de recuperação passiva. Durante os testes amostras de sangue capilar foram coletadas do lóbulo da orelha, conforme já descrito anteriormente para o teste incremental, nos 30 s que precederam cada transição e nos 30 s após o final do exercício. As trocas gasosas pulmonares foram mensuradas respiração a respiração (modelo Quark CPET) durante todos os testes. O equipamento foi calibrado antes de cada teste, de acordo com as padronizações do fabricante.

Os dados de VO_2 respiração a respiração de cada teste foram inicialmente examinados para excluir dados extremos causados por suspiros, tosses, etc. Os dados que estavam mais que três desvios-padrão da média local foram removidos (LAMARRA et al., 1987). Os dados de respiração a respiração foram interpolados linearmente para gerar valores de segundo a segundo em cada transição. As respostas de VO_2 a

partir destas transições foram alinhadas ao tempo de início de exercício, colocadas sobrepostas, ou seja, as duas transições de cada momento (controle, exercício severo prévio e IRS prévio) foram agrupadas e, postas em médias estacionárias de 5 s, antes de qualquer análise para diminuir a influência do “ruído do sinal” entre as respirações e melhorar a confiança nos parâmetros derivados do modelo matemático. Os primeiros 20 s após o início de cada transição (fase cardiodinâmica) foram excluídos da análise (WHIPP; ROSSITER, 2005).

Técnicas de regressão não linear foram usadas para ajustar os dados depois do início do exercício com uma função exponencial. Um processo iterativo assegurou que a soma dos quadrados dos resíduos fossem minimizados. O modelo matemático consistiu de dois (exercício severo) termos exponenciais, cada um representando uma fase da resposta (BARSTOW; MOLÉ, 1991; BARSTOW et al., 1996). Baseado na literatura prévia (BARSTOW et al., 1996), o modelo foi ‘fixado’ no VO_2 de linha de base para contribuir na identificação dos parâmetros-chave, conforme a equação bi-exponencial (4) descrita a seguir:

$$(4) \quad VO_2(t) = VO_{2\text{base}} + A_p x \left[1 - e^{-\left(\frac{t-TD_p}{\tau_p}\right)} \right] \\ + A_s \left[1 - e^{-\left(\frac{t-TD_s}{\tau_s}\right)} \right]$$

Onde: $VO_2(t)$ = representa o VO_2 absoluto num dado tempo t ; o $VO_{2\text{base}}$ representa a média de VO_2 durante dois minutos antecedentes ao início do exercício no período de linha de base; A_p , TD_p e τ_p representam a amplitude, tempo de atraso e constante tempo, respectivamente, descrevendo o aumento do VO_2 acima da linha de base na fase primária; e A_s , TD_s e τ_s representam a amplitude, tempo de atraso e constante tempo do componente lento de VO_2 , respectivamente.

A assíntota da amplitude do componente lento (A_s) pode exceder o VO_2 medido no final do exercício, e assim a A_s foi restringida nos 360 s de exercício (JONES et al., 2008). Ainda, para prover uma descrição total da cinética de VO_2 durante as séries de exercício no $\Delta 50$, o *mean response time* (MRT) foi calculado por meio de ajustes utilizando uma única curva exponencial aos dados sem tempo de atraso do início ao final do exercício como descrito por Jones et al. (2008) e demonstrado na equação 5.

$$(5) \quad VO_2(t) = VO_{2\text{base}} + A_p x \left[1 - e^{-\left(\frac{t}{\tau_p}\right)} \right]$$

3.4.4 Protocolo dos *sprints* repetidos

Foi aplicado um protocolo anaeróbio de *sprints* repetidos intermitentes (IRS) em uma quadra esportiva padrão, para determinação das variáveis relativas ao desempenho anaeróbio (MT, TT, S_{dec} , $[La]_{peak}$) e para verificar o efeito deste tipo de exercício na cinética de VO_2 subsequente. Optou-se por este modelo de exercício após o estudo piloto na busca de uma relação esforço-pausa que causasse um baixo índice de fadiga com uma considerável exigência de contrações excêntricas o que pode influenciar de maneira diferenciada na participação do metabolismo oxidativo (PRINGLE et al., 2002) durante e após a execução deste. O protocolo foi composto por 6 *sprints* de 40 m com três mudanças de sentido de 180° a cada 10 m e período de recuperação de 60 s entre cada *sprint*. O atleta iniciou o exercício no ponto de partida marcado por um par de fotocélulas eletrônicas com resolução de 0,01 s (SPEED TEST 4.0). Em seguida o mesmo correu 10 m até a primeira marca, retornou e correu 10 m em direção oposta e repetiu esse deslocamento completando os 40 m passando novamente pelas fotocélulas (figura 2). Os atletas foram estimulados verbalmente para executar o máximo esforço em cada *sprint*. A FC foi registrada por meio de um frequencímetro (Polar®) e os valores armazenados para análise do comportamento da mesma. Antes da realização desta intervenção os atletas foram instruídos sobre o protocolo e tendo em vista que os indivíduos repetiram este procedimento duas vezes em dias diferentes os problemas com a familiarização foram minimizados utilizando-se apenas os tempos do segundo dia de execução.

As análises das $[La]$ foram realizadas da mesma forma que para os testes laboratoriais (descritos anteriormente). O $[La]_{peak}$ no teste de IRS foi considerado o mais alto dos valores das $[La]$ obtidos no 3º e 5º minuto de recuperação. Após o final de cada carga/estímulo foi pedido aos sujeitos que relatassem sua percepção de esforço através de uma escala de Borg de 10 pontos. Para o cálculo do S_{dec} foi utilizado o método proposto por Glaister et al. (2008), visto que estes autores encontraram que esta metodologia forneceu uma maior validade e confiabilidade para quantificar a fadiga durante a realização de protocolos de *sprints* repetidos, utilizando a fórmula da equação 6:

$$(6)[100 * (\Sigma 6TEMPOS / MT * 6)] - 100.$$

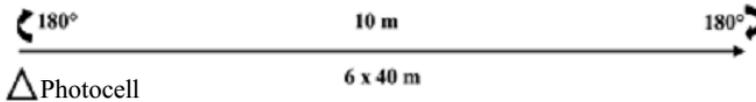


Figura 2: Ilustração do percurso no protocolo de *sprints* repetidos intermitentes. O triângulo representa o ponto de partida de cada estímulo e o local onde eram posicionadas as fotocélulas.

3.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os ajustes matemáticos foram realizados no programa OriginPro versão 8.0. O tratamento dos dados foi realizado no software *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS Inc. version 17.0; Chicago, IL, USA) e apresentados utilizando a estatística descritiva, média e desvio padrão (DP). O teste de Shapiro-Wilk ($n < 50$) foi realizado para verificar a normalidade dos dados. Foi aplicada a correlação produto-momento de Pearson para avaliar a relação entre os diferentes índices relacionados a cinética de VO_2 e a performance anaeróbia. A análise de variância (ANOVA) *one-way* de medidas repetidas foi aplicada para testar o efeito principal do exercício prévio em todas as variáveis na carga controle, após o exercício severo e após os *sprints* intermitentes. A esfericidade foi avaliada usando o teste de Mauchly e qualquer violação foi corrigida usando o teste de Greenhouse-Geisser. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade do resíduo. Quando um efeito significativo foi observado à análise *post hoc* de Bonferroni foi utilizada para as comparações. Nível de significância adotado de $p \leq 0,05$.

4. RESULTADOS

Teste incremental e protocolo do IRS

Os valores observados de FC e [La] no início e no final do teste incremental, assim como a PSE ao final do teste estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Média e desvio padrão (\pm DP) dos valores de frequência cardíaca, das concentrações de lactato sanguíneo e de percepção de esforço obtidos durante o teste incremental.

Variáveis	Média \pm DP
FC início (bpm)	85 \pm 14
FC máxima (bpm)	193 \pm 10
[La] início (mmol.L ⁻¹)	1,2 \pm 0,4
[La] final (mmol.L ⁻¹)	9,3 \pm 2,2
PSE	9 \pm 1

FC = Frequência cardíaca, [La] = concentração de lactato sanguíneo, PSE = percepção subjetiva de esforço.

Os índices fisiológicos obtidos durante o teste incremental estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Índices fisiológicos obtidos durante o teste incremental.

Variáveis	Média \pm DP	Mínimo	Máximo
VO₂max (L.min ⁻¹)	4,4 \pm 0,6	2,8	5,3
PV (km.h ⁻¹)	17,9 \pm 1,3	15,5	20,0
VO₂LTF₁ (L.min ⁻¹)	3,0 \pm 0,4	2,2	3,8
VO₂LTF₁ %VO₂max (%)	70,4 \pm 7,5	56,2	80,8
LTF₁ (km.h ⁻¹)	11,0 \pm 0,8	9,3	12,3
LTF₁ %PV (%)	61,4 \pm 3,2	57,5	66,5
VO₂ Δ 50 (L.min ⁻¹)	4,0 \pm 0,7	2,6	5,1
VO₂ Δ 50 %VO₂max (%)	92,6 \pm 4,0	84,0	100,0
Δ 50 (km.h ⁻¹)	13,8 \pm 1,0	11,5	14,8
Δ 50 %PV (%)	77,1 \pm 3,4	71,5	81,2

VO₂ = consumo de oxigênio, LTF₁, = primeiro limiar de transição fisiológica, Δ 50 = 50% da diferença entre o LTF₁ e o VO₂max, VO₂max = consumo máximo de oxigênio, PV = pico de velocidade.

Os valores obtidos durante a realização do protocolo de IRS para MT, TT e S_{dec}, respectivamente, estão apresentados na tabela 4. A FC e as [La] no início e no final do teste de IRS assim como a PSE após a

realização do mesmo também são apresentados na tabela 4. A figura 3 apresenta o perfil dos tempos e da FC durante o IRS.

Tabela 4: Índices de desempenho e fisiológicos obtidos durante o protocolo de *sprints* repetidos.

Variáveis	Média ± DP	Mínimo	Máximo
MT (s)	9,5 ± 0,3	9,1	9,9
TT (s)	57,8 ± 1,6	55,1	60,4
S _{dec} (%)	1,7 ± 0,8	0,8	3,2
FC início (bpm)	109 ± 15	93	129
FC máxima (bpm)	168 ± 11	150	185
[La] início (mmol.L ⁻¹)	1,7 ± 0,5	0,9	2,5
[La] _{peak} (mmol.L ⁻¹)	10,7 ± 2,2	6,4	15,2
PSE final	8 ± 2	5	10

MT = melhor tempo, TT = tempo total, S_{dec} = percentual de decréscimo nos *sprints*, FC = Frequência cardíaca, [La] = concentração de lactato sanguíneo, [La]_{peak} = pico de lactato obtido no teste, PSE = percepção subjetiva de esforço.

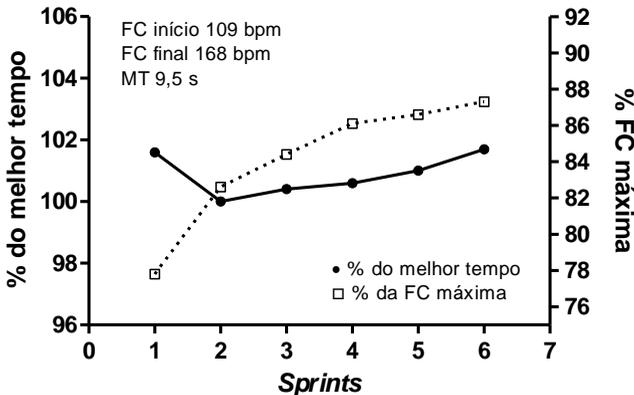


Figura 3: Perfil do comportamento da frequência cardíaca (FC) e dos tempos durante o protocolo de IRS (*intermittent repeated sprint*) para a média do grupo. Círculos sólidos representam o percentual do melhor tempo (MT) durante os seis *sprints*. Quadrados abertos demonstram o percentual da FC máxima obtida durante o teste incremental para os valores de FC em cada estímulo. Acima à esquerda estão os valores de FC antes e no final do IRS em batimentos por minuto (bpm) e o valor de MT durante o protocolo em segundos (s). Observa-se que apesar de um significativo aumento na FC (~10 %) no decorrer do IRS existe uma pequena variação (< 2 %) nos tempos de cada *sprint*.

Testes de cargas constantes

O valor inicialmente predito pela equação de regressão linear para o VO_2 no $\Delta 50$ foi de $3,7 \pm 0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ que foi equivalente a 85,1 % do VO_2max . Os valores obtidos para intensidade do $\Delta 50$ foram $13,8 \pm 1,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $4,0 \pm 0,7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ de VO_2 para todas as transições (controle, severo prévio e IRS prévio). Esses valores representaram 92,6% do VO_2max e 77,1 % do PV (tabela 3). Apenas um sujeito atingiu o VO_2max durante o controle e, todos os outros alcançaram um “platô” (~92% do VO_2max) abaixo deste índice.

As variáveis derivadas dos ajustes bi-exponenciais da cinética de VO_2 e os valores das [La] e da FC antes e depois de cada transição são apresentados na tabela 5 e 6. O $\text{VO}_{2\text{base}}$, as [La] no início e a FC no início e no final de cada transição foram significativamente diferentes entre as três situações (controle *versus* severo prévio; controle *versus* IRS prévio; severo prévio *versus* IRS prévio). A amplitude primária absoluta ($\text{VO}_{2\text{base}} + A_p$), a amplitude do componente lento (A_s) e o MRT obtidos no controle apresentaram diferenças significantes das outras duas situações ($p < 0,05$), porém não houve diferenças estatísticas entre as duas condições de exercício prévio. Dessa forma, podemos afirmar que ambas as condições de exercício prévio exerceram efeito similar na cinética de VO_2 . As figuras 4 e 5 mostram o comportamento da cinética de VO_2 para um sujeito representativo da amostra nas diferentes situações. A figura 6 demonstra o comportamento da FC durante as três condições para o mesmo sujeito representativo.

Para o Δ [La] houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o controle ($5,6 \pm 2,3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) com exercício severo prévio ($1,4 \pm 0,9 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) e o IRS prévio ($0,8 \pm 1,4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) e, houve uma tendência para a diferença entre as duas condições de exercício prévio ($p = 0,06$). As [La] no final do IRS prévio foram diferente significativamente do controle e do severo prévio, mas não houve diferença significativa entre estas duas últimas condições (tabela 6).

Tabela 5: Cinética do consumo de oxigênio durante as cargas controle, exercício severo e IRS prévio.

Variáveis	Controle	Severo prévio	IRS	p-valor
Linha de base				
VO₂base (L.min ⁻¹)	0,55 ± 0,03	0,74 ± 0,04*	0,93 ± 0,03*#	<0,01
Componente primário				
A_p (L.min ⁻¹)	2,99 ± 0,15	3,02 ± 0,16	2,87 ± 0,12	0,10
A_p absoluta (L.min ⁻¹)	3,54 ± 0,17	3,77 ± 0,18*	3,79 ± 0,14*	<0,01
TD_p (s)	7,1 ± 1,3	8,2 ± 1,0	7,6 ± 1,4	0,83
τ_p (s)	16,0 ± 1,8	14,3 ± 1,5	12,3 ± 1,7	0,22
Componente lento				
A_s (L.min ⁻¹)	0,50 ± 0,06	0,26 ± 0,06*	0,21 ± 0,05*	<0,01
TD_s (s)	79,1 ± 5,4	110,6 ± 21,3	92,1 ± 14,3	0,37
τ_s (s)	103,4 ± 8,4	101,4 ± 13,2	73,4 ± 14,9	0,22
Resposta total				
VO₂ platô (L.min ⁻¹)	4,04 ± 0,18	4,15 ± 0,18	4,14 ± 0,17	0,93
MRT (s)	36,9 ± 1,9	28,9 ± 1,0*	28,0 ± 1,4*	<0,01

Valores em média e erro padrão. Controle = sem exercício prévio, IRS = *intermittent repeated-sprint*, VO₂base = consumo de oxigênio durante dois minutos antecedentes ao início do exercício, A_p, TD_p e τ_p representam a amplitude, tempo de atraso e constante tempo, respectivamente, descrevendo o aumento do VO₂ acima da linha de base na fase primária; e A_s, TD_s e τ_s representam a amplitude, tempo de atraso e constante tempo do componente lento de VO₂, respectivamente. VO₂ platô = consumo de oxigênio atingido durante a carga (VO₂base + A_p + A_s). MRT = *mean response time* (tempo de resposta médio para atingir a estabilização durante a carga). * diferente significativamente em relação ao controle p < 0,05, # diferente significativamente em relação ao exercício severo prévio p < 0,05.

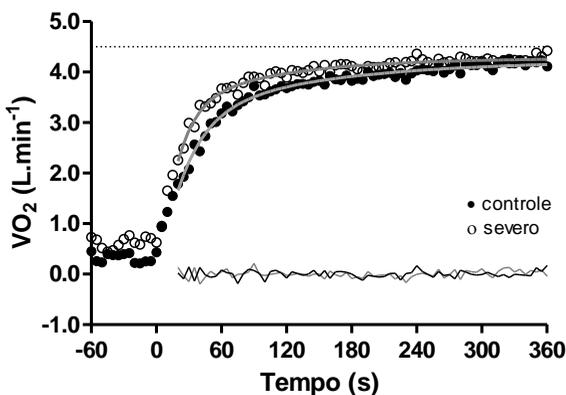


Figura 4: Resposta do consumo de oxigênio (VO_2) ao exercício severo ($\Delta 50$) em duas cargas subsequentes separadas por 6 min de recuperação passiva em um sujeito representativo. Círculos sólidos representam a primeira carga controle e os círculos abertos demonstram o VO_2 após o exercício severo prévio. A linha pontilhada representa o VO_{2max} e as linhas contínuas ilustram o ajuste e o resíduo.

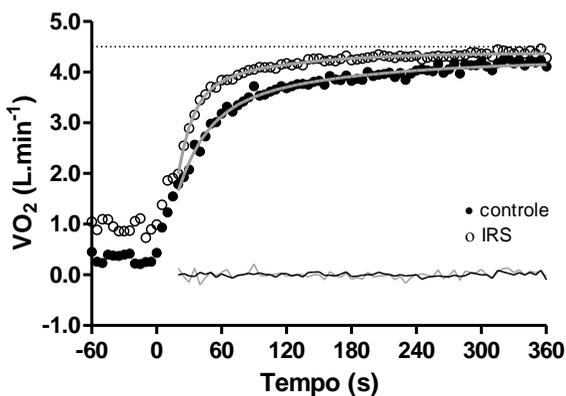


Figura 5: Resposta do consumo de oxigênio (VO_2) ao exercício severo ($\Delta 50$) em duas cargas sem e com exercício prévio no mesmo sujeito representativo. Círculos sólidos representam a primeira carga controle e os círculos abertos demonstram o VO_2 após o IRS (*intermittent repeated sprint*) prévio. A linha pontilhada representa o VO_{2max} e as linhas contínuas ilustram o ajuste e o resíduo.

Tabela 6: Comportamento das concentrações de lactato sanguíneo e da frequência cardíaca durante as cargas controle, exercício severo e IRS prévio.

Variáveis	Controle	Severo prévio	IRS	p-valor
[La] início (Mmol.l ⁻¹)	1,0 ± 0,8	6,1 ± 0,6*	10,7 ± 0,6*#	<0,01
[La] final (Mmol.l ⁻¹)	6,7 ± 0,6	7,5 ± 0,8	11,3 ± 0,8*#	<0,01
FC início (bpm)	81 ± 4	102 ± 3*	124 ± 4*#	<0,01
FC final (bpm)	177 ± 3	185 ± 3*	189 ± 3*#	<0,01

Valores em média e erro padrão. Controle = sem exercício prévio, IRS = *intermittent repeated-sprint*, [La] = concentração de lactato sanguíneo, FC = frequência cardíaca. * diferente significativamente em relação ao controle $p < 0,05$, # diferente significativamente em relação ao exercício severo prévio $p < 0,05$.

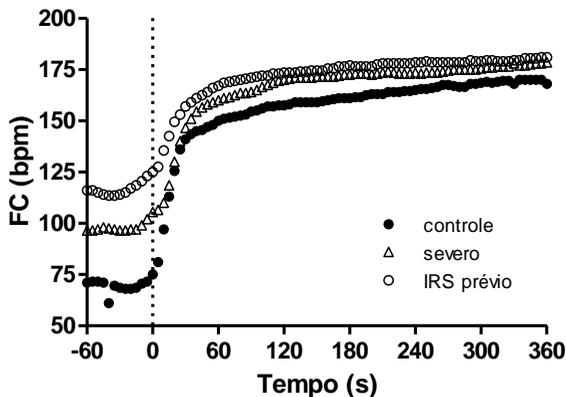


Figura 6: Resposta da frequência cardíaca (FC) ao exercício severo (Δ 50) nas três condições analisadas no estudo, no mesmo sujeito representativo. Círculos sólidos representam a primeira carga controle, os triângulos abertos representam a FC durante a segunda carga após o exercício severo e, os círculos abertos demonstram o comportamento da FC após o IRS (*intermittent repeated sprint*) prévio. A linha pontilhada na vertical representa o início do exercício.

O τ da fase primária foi significativamente correlacionado com $\Delta \tau$ do exercício severo prévio (controle – exercício severo) e com o $\Delta \tau$ do IRS prévio (controle – IRS); $r = 0,67$; $p = 0,01$, em ambas as

condições (figura 7). O τ_p no exercício severo prévio foi correlacionado com o τ_s na mesma transição ($r = 0,62$; $p = 0,02$). Da mesma forma que para o τ_p , o MRT do controle apresentou correlação com Δ MRT do severo prévio (controle – exercício severo; $r = 0,85$; $p < 0,01$) e com o Δ MRT do IRS prévio (controle – IRS; $r = 0,66$; $p = 0,01$). O MRT do exercício severo prévio apresentou uma correlação positiva alta ($r = 0,84$; $p < 0,01$) com o MRT do IRS prévio. O MRT obtido no controle e no IRS prévio demonstram correlações moderadas com o Δ [La] ($r = 0,58$; $p = 0,04$; $r = 0,56$; $p = 0,05$, respectivamente) dentro da mesma condição.

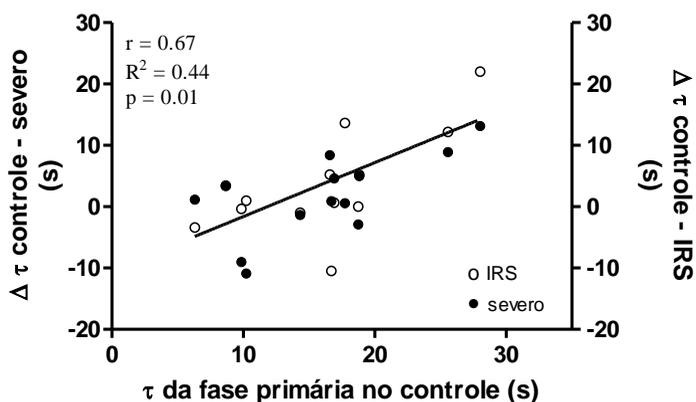


Figura 7: Correlação entre o τ da fase primária no controle com o $\Delta \tau$ no severo prévio e no IRS prévio. Círculos sólidos representam o exercício severo prévio e os círculos abertos representam o IRS prévio. A linha sobre os pontos demonstra a correlação significativa com o valor apontado no canto superior esquerdo da figura.

Em resposta à um dos nossos objetivos específicos, nós não observamos nenhum tipo de relação significativa entre as variáveis de desempenho anaeróbio (TT , S_{dec} e $[La]_{peak}$) obtidas no protocolo de *sprints* intermitentes com nenhum dos índices derivados da cinética de VO_2 durante o domínio severo.

5. DISCUSSÃO

O principal objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da intensidade do exercício prévio sobre a cinética de consumo de oxigênio durante uma corrida no domínio severo ($\Delta 50$) em praticantes de futsal. Assim, foi testado o efeito de dois protocolos de exercício prévio: *sprints* intermitentes e corrida contínua de carga constante.

Dessa forma, a hipótese principal desta investigação era que o exercício prévio na forma de *sprints* intermitentes poderia acelerar a resposta total da cinética de VO_2 , mais especificamente, aumentar a amplitude absoluta do componente primário e diminuir a amplitude do componente lento e/ou diminuir o MRT. Ainda era esperado que esse efeito pudesse ser diferente do efeito do exercício severo prévio contínuo. Essa hipótese foi confirmada de forma parcial visto que, o IRS prévio alterou as variáveis mencionadas acima, porém o severo prévio também demonstrou um efeito na mesma proporção não sendo diferente estatisticamente.

O principal resultado desta pesquisa foi que independente da intensidade do exercício prévio, ou seja, corrida contínua submáxima no $\Delta 50$ ou *sprints* intermitentes, a influência sobre a cinética de VO_2 ocorre na mesma magnitude. Outro achado importante do presente estudo foi que ambas as intensidades de exercício prévio não aceleraram a constante tempo da fase primária (τ_p) da cinética de VO_2 , quando comparados à uma corrida controle.

A maioria dos trabalhos na literatura indicam que o exercício prévio pesado ou severo não altera o τ do componente primário, mas resulta em um aumento da amplitude primária absoluta (A_p) e consequentemente uma redução do componente lento de VO_2 (A_s) (GERBINO et al., 1996; MACDONALD et al., 1997; SCHEUERMANN et al., 2001; BURNLEY et al., 2002, FUKUBA et al., 2002; WILKERSON et al., 2004; para revisão veja: BURNLEY et al., 2005). Dentre os prováveis mecanismos que podem interferir no efeito do exercício prévio, têm sido debatido que os mesmos poderiam estar ligados a uma limitação central (cardiopulmonar) pela disponibilidade de O_2 (GERBINO et al., 1996; MACDONALD et al., 1997; TSCHAKOVSKY; HUGHSON, 1999; TORDI et al., 2003; FAISAL et al. 2009; BUCHEIT; LAURSEN; AHMAIDI, 2009), ou se seriam limitados por uma inércia metabólica intrínseca da célula e/ou alterações no perfil de recrutamento de unidades motoras (ROSSITER et al., 2001; BURNLEY et al., 2002; WILKERSON et al., 2004; GURD et al., 2006).

Alguns estudos verificaram o efeito do exercício prévio de *sprint* (e.g., 30 s *all-out*) sobre a cinética de VO_2 em cicloergômetro encontrando resultados inconclusivos (BURNLEY et al., 2002; TORDI et al., 2003; WILKERSON et al., 2004; LANZI et al., 2012). Para nosso conhecimento, apenas o estudo de Bucheit, Laursen e Ahmaidi (2009) foi conduzido utilizando o modelo de *sprint* prévio durante a corrida.

Tordi et al. (2003) avaliaram oito ciclistas treinados em duas cargas idênticas de seis minutos a 85 % do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ separadas por 3 sprints de 30 s de duração (4 min de recuperação) no cicloergômetro, para testar a hipótese se o estado de fadiga muscular e uma acidose prévia provocada pelos sprints poderiam acelerar a cinética de VO_2 . Os autores encontraram um τ do componente primário mais rápido (~29 s para ~22 s), e um menor MRT (~73 s para ~56 s) após o exercício prévio. Diferente do referido estudo, no presente trabalho não foi observado diferenças para o τ_p . Por outro lado, ambos os estudos observaram redução no MRT. Porém, as características dos sujeitos podem explicar em parte estas divergências, visto que, parece haver um 'limiar' no qual o τ_p não sofre mais alterações do efeito do exercício prévio e, este valor parece estar próximo de 20 s (GURD et al., 2006; JONES et al., 2008; BUCHEIT; LAURSEN; AHMAIDI, 2009) e ainda, é dependente do estado de treinamento (GURD et al., 2006) e do modo de exercício (CARTER et al., 2000; JONES et al., 2008). Uma limitação que deve ser ressaltada no estudo de Tordi et al. (2003) foi o fato de terem realizado apenas uma transição em cada situação de exercício o que pode aumentar o erro de sinal relativo ao ajuste da cinética do VO_2 e diminuir a confiança da estimativa dos parâmetros. De qualquer forma, parece que tanto a acidose metabólica como a oferta de O_2 encontram um ponto no qual não conseguem causar maior efeito para acelerar ainda mais a cinética de VO_2 (Poole et al., 2008).

Tordi et al. (2003) afirmaram que a acidose metabólica provavelmente contribuiu para melhorar a vasodilatação no início do exercício e que o aumento do fluxo sanguíneo muscular e a entrega de O_2 foram sustentados por valores FC e débito cardíaco maiores nos primeiros minutos do exercício pesado. Além do mais, os autores expõem que o exercício prévio e a acidose intracelular provavelmente afetaram as vias metabólicas e os substratos para a fosforilação oxidativa e que estes contribuíram para uma adaptação mais rápida do VO_2 . Vale ressaltar que nesta investigação não encontramos relações significantes das [La] com a FC no início de cada carga, e também estas variáveis não foram correlacionadas com o τ da fase primária. Além disso, apesar de que a FC e as [La] no início e no final de cada transição

tinham sido diferentes entre todas as situações isto não refletiu em uma cinética de VO_2 ainda mais rápida após os *sprints* ou em um menor τ_p após o exercício prévio.

Na busca de compreender melhor o que havia sido exposto na literatura por Tordi et al. (2003), Wilkerson et al. (2004) realizaram um interessante estudo no cicloergômetro com o objetivo de verificar se um maior fornecimento de O_2 poderia acelerar a cinética de VO_2 , controlando algumas variáveis que o estudo anterior não havia feito. Sete sujeitos fisicamente ativos realizaram em dois dias diferentes um protocolo com uma carga a 105 % do $\text{VO}_{2\text{max}}$ e após uma hora 3 *sprints* máximos de 30 s separados por 5 min cada. Depois de 15 min repetiam a carga inicial. Wilkerson et al. (2004) demonstraram que as [La] foram significativamente maiores imediatamente antes, e a FC foi significativamente maior antes e durante, quando o exercício máximo foi precedido pelos *sprints* repetidos. O uso da *espectroscopia de infravermelho* também indicou que o volume sanguíneo e a oxigenação muscular foram melhorados nesta situação. Entretanto o τ do componente primário não foi diferente entre as duas condições (controle: 33.8 s versus carga realizada após os *sprints*: 33.2 s). De acordo com este estudo parece que a disponibilidade de O_2 aumentada pelo exercício prévio não é um fator limitante do componente primário da cinética de VO_2 no domínio severo.

Na presente investigação encontramos que as [La] foram significativamente maiores no IRS prévio, o que pode estar relacionado com uma maior perfusão muscular de O_2 e um maior VO_2 corporal total, assim como um aumento da vasodilatação. Ainda, a FC foi maior antes, durante e no final do IRS prévio o que pode indicar um maior débito cardíaco e um maior volume sistólico nessa transição comparada com as outras. No entanto, a cinética do VO_2 no IRS prévio não diferenciou do severo prévio o que pode indicar que uma inércia metabólica estaria relacionada à limitação de uma produção mais rápida de energia de forma oxidativa pelo organismo como já visto anteriormente por Wilkerson et al. (2004).

O que parece ser o único estudo que verificou o efeito do exercício prévio na forma de *sprints* repetidos na cinética de VO_2 na corrida do domínio moderado, Bucheit, Laursen e Ahmaidí (2009) em seu estudo (descrito anteriormente) verificaram um τ do componente primário mais rápido (21 s versus 14 s) após a execução dos *sprints* para o grupo de sujeitos (n=8) que possuíam uma cinética moderadamente rápida ($16 \text{ s} \geq \tau \leq 30 \text{ s}$) e juntamente verificaram um MRT mais rápido para o fluxo sanguíneo capilar por meio do uso do *near-infrared*. Estes

autores justificam seus achados alegando que o fornecimento de O_2 pode ser um fator regulador da cinética de VO_2 durante o início do exercício moderado. Porém, é importante ressaltar que este estudo foi baseado em um teste de campo e que Buchheit et al. não observaram o mesmo efeito para o grupo de indivíduos que apresentaram um τ mais rápido (<16 s). Por outro lado, a presente investigação não encontrou efeito de nenhuma das intensidades de exercício prévio no τ do componente primário, porém, essa constante já apresentava valores relativamente baixos no controle (16 s) e de acordo com esses autores entre outros (GURD et al. 2005 e 2006) possíveis alterações nos valores de τ_p estão relacionadas com os valores iniciais sem exercício prévio ($r = 0,77$ no estudo de BUCHEIT; LAURSEN; AHMAIDI, 2009). Como pode ser visto neste trabalho nas correlações entre o τ_p e $\Delta \tau$ do severo e do IRS, $r = 0,67$ em ambas as situações.

Tem sido relatado na literatura que a acidose metabólica poderia ser um dos principais fatores para acelerar a cinética de VO_2 numa carga posterior (GERBINO et al., 1996; MCDONALD et al., 1997; BURNLEY et al., 2002; BURNLEY et al., 2005). Os primeiros estudos que verificaram uma cinética total de VO_2 mais rápida (GERBINO et al., 1996; MCDONALD et al., 1997) após a realização de uma transição no domínio pesado, não encontraram o mesmo efeito após um exercício moderado, e foram interpretados alegando que o início do exercício pode ser limitado pelo fornecimento de O_2 .

Por outro lado, Faisal et al. (2009) avaliando 9 corredores de endurance em cicloergômetro verificaram que o exercício moderado prévio também teve efeito numa carga posterior no domínio pesado (85% do VO_{2peak}) diminuindo o τ_p (26,1 versus 22,4 s) e amplitude do componente lento (0,64 versus 0,55 $L \cdot min^{-1}$). Estes autores concluíram que a aceleração da cinética de VO_2 durante o exercício pesado foi possível pela aceleração da cinética do débito cardíaco. No presente estudo, após o exercício prévio a FC início, a FC final e o VO_{2base} foram maior tanto para o exercício severo como para o IRS prévio que ainda demonstrou valores maiores que as outras duas transições, porém estes fatores (uma provável cinética do débito cardíaco mais rápida) não foi suficiente para acelerar ainda mais a cinética total do VO_2 após o IRS e para diminuir o τ_p em qualquer situação de exercício prévio.

Um maior fornecimento de O_2 com um fluxo sanguíneo aumentado para a musculatura em atividade após o exercício prévio (FUKUBA et al., 2007), ou uma elevação na piruvato desidrogenase e concentrações de acetil COA e lactato intracelular (GURD et al., 2006), podem contribuir para um ambiente intracelular aprimorado com o

aumento da pressão de O_2 em função de um aumento no fornecimento de O_2 (TSCHAKOVSKY; HUGHSON, 1999) e uma subsequente redução na degradação de fosfocreatina e a fosforilação a nível de substratos (ROSSITER et al., 2001). Alguns mecanismos estão ligados á melhora do fornecimento de O_2 (FAISAL et al., 2009): 1) Um acúmulo de metabólitos vasoativos melhoram a vasodilatação e aumentam o fluxo sanguíneo para os músculos em exercício; 2) Um direcionamento à direita da curva de dissociação da oxihemoglobina, resultando num acúmulo de H^+ e um aumento da temperatura, promovendo o descarregamento do O_2 no músculo (BURNLEY; KOPPO; JONES, 2005); 3) Uma melhora na relação entre oferta e utilização de O_2 na região microvascular do músculo (FUKUBA et al., 2002).

O acúmulo de H^+ parece não ser um fator único a contribuir com a aceleração da cinética de VO_2 (BURNLEY et al., 2002) considerando as evidências de que o exercício moderado acelera a cinética de VO_2 numa carga pesada posterior (FAISAL et al., 2009; KOPPO; BOUCKAERT, 2000 e 2002). Os achados de Faisal et al. (2009) sustentam a idéia de que mudanças na cinética de VO_2 não são simplesmente devido a uma acidose metabólica. Por outro lado, Poole et al. (2008) relatam o conceito do “*tipping point*”, ou seja, um ponto no qual a cinética de VO_2 deixa de ser dependente e passa a ser independente do fornecimento de O_2 , visto que, segundo os autores a cinética do fluxo sanguíneo capilar é mais lenta do que a cinética do fluxo sanguíneo muscular e esta relação entre fornecimento e consumo de O_2 é dependente do tipo de fibra.

Tanto a perfusão muscular (e o fornecimento de O_2) quanto a atividade do piruvato desidrogenase (PDH) provavelmente permanecem elevados imediatamente após o exercício. Gurd et al. (2006) avaliaram em cicloergômetro 9 sujeitos (~24 anos) fisicamente ativos com o objetivo de examinar o efeito do exercício pesado prévio na cinética de VO_2 no domínio moderado subsequente, na ativação do PDH e na oxigenação muscular. Estes autores verificaram que o τ_p foi menor (24 vs. 19 s) na segunda carga e que isto estaria associado a uma maior ativação do PDH. Os resultados de Gurd et al. (2006) sugerem que a aceleração da cinética de VO_2 no domínio moderado ocorre como consequência da ativação prévia da atividade enzimática mitocondrial (e.g., PDH e possivelmente outras desidrogenases) e da provisão de substratos em combinação com a perfusão muscular e o fornecimento de O_2 elevados, garantindo oferta adequada de todos os substratos necessários para a fosforilação oxidativa (GURD et al., 2006).

Sabe-se que a cinética de VO_2 em outros modos de exercício, inclusive corrida em esteira, pode ter diferentes características. Por exemplo, a constante τ da fase primária tende a ser mais rápida e a amplitude do componente lento tende a ser menor na corrida comparada com o exercício em cicloergômetro (BILLAT et al., 2000; CARTER et al., 2000; JONES et al., 2008). Dessa forma, Jones et al. (2008) avaliaram oito sujeitos fisicamente ativos que realizaram duas cargas de 6 min de corrida em esteira na intensidade do $\Delta 70$ separadas por 6 min de recuperação passiva. Esses autores não verificaram efeito do exercício prévio na carga posterior (com exceção do $\text{VO}_{2\text{base}}$) mesmo com uma acidose metabólica diferente durante a realização da segunda carga. Os autores atribuíram os resultados a uma cinética de VO_2 relativamente rápida e uma amplitude do componente lento relativamente pequena na condição controle algo que é característico do exercício de corrida. No presente estudo, o τ da fase primária na condição controle também demonstrou valores relativamente rápidos similares aos apresentados por Jones et al. (~ 16 s) e não foram alterados por nenhum modo de exercício prévio. No entanto, estes autores não encontram diferenças nas amplitudes e no MRT (valores próximos do nosso estudo; ~ 34 s) após o exercício severo prévio ao contrário da presente pesquisa que demonstrou um aumento na A_p absoluta, e diminuição da A_s e do MRT na mesma magnitude para o severo e o IRS prévio. Uma possível explicação para estas diferenças entre o estudo de Jones et al. e a presente pesquisa pode estar na amplitude de componente lento encontrada por estes autores ($0,24 \pm 0,10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$) antes do exercício prévio, valor similar ao que nós encontramos após o severo e o IRS prévio.

Assim, se a acidose metabólica não foi suficiente para acelerar a cinética de VO_2 no estudo de Jones et al. (2008) e, em nosso trabalho houve uma cinética de VO_2 ‘total’ mais rápida para ambas as situações de exercício prévio independente das maiores $[\text{La}]$ após o IRS, mostrando que, ambos os protocolos tiveram o mesmo efeito, pode-se afirmar que a acidose não foi um fator determinante para o resultado observado. Dessa forma, parece haver um ‘ponto’ nas $[\text{La}]$, no qual valores maiores não tornariam a cinética de VO_2 ainda mais rápida. Vale ressaltar que o efeito não foi maior quando as $[\text{La}]$ no início da transição foram aumentadas de $\sim 3 \text{ m}\cdot\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (exercício pesado) para $\sim 6 \text{ m}\cdot\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (30 s *sprint all-out*) no estudo de Burnley et al. (2002) e quando nós comparamos o severo prévio ($\sim 6 \text{ m}\cdot\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) com o IRS prévio ($\sim 11 \text{ m}\cdot\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) na presente investigação.

Alguns estudos buscaram verificar o efeito de diferentes intensidades sobre a cinética de VO_2 . Para o nosso conhecimento existem cinco trabalhos (BILLAT et al., 2000; BURNLEY; DOUST; JONES, 2002; DRAPER et al., 2006; FAISAL et al., 2009; LANZI et al., 2012) com este tipo de design mas somente dois deles foram realizados com a corrida como modo de exercício (BILLAT et al., 2000; DRAPER et al., 2006). Burnley, Doust e Jones (2002) avaliaram nove sujeitos fisicamente ativos em cicloergômetro com o objetivo de verificar se o exercício prévio de carga constante ($\Delta 50$) teria efeito na cinética de VO_2 numa carga posterior na mesma intensidade e comparar com um exercício prévio de *sprint* (30 s *all-out*). Esses autores verificaram que os dois modelos de exercício aumentaram a amplitude primária absoluta e diminuíram o componente lento na mesma proporção, mesmo com uma acidose metabólica diferente. Os pesquisadores afirmam que essas respostas são incompatíveis com a noção de que o fornecimento de O_2 limita a taxa de aumento no VO_2 durante o componente primário.

No presente trabalho foram observados resultados bastante similares com os de Burnley, Doust e Jones (2002), visto que, os efeitos do exercício severo e do IRS prévio sobre a cinética de VO_2 foram de magnitude similar (aumento da A_p total e diminuição da amplitude do componente lento e do MRT) mesmo com $[\text{La}]$ diferentes. Entretanto, na presente pesquisa o protocolo de *sprint* foi diferente e o modo de exercício também (corrida versus cicloergômetro) e mesmo assim os resultados foram parecidos. Burnley, Doust e Jones (2002) ainda encontraram após o *sprint* um τ do componente lento e um VO_2 final maior em relação as outras duas cargas, o que sugere que a exigência metabólica foi maior para esta intensidade diferentemente do presente estudo que não encontrou diferenças para estas duas variáveis em todas as situações. Isto pode ser explicado em parte, pelos diferentes protocolos de *sprints* adotados que teriam tipos de contração distintos (3% excêntrico maior no presente estudo), e pela fadiga que provavelmente foi maior no estudo de Burnley, Doust e Jones comparado com esta investigação.

De acordo com Burnley et al. (2002) diferenças no recrutamento de unidades motoras na segunda carga comparada com a primeira podem fornecer um possível mecanismo para o efeito sobre a cinética de VO_2 . O aumento de recrutamento motor para a mesma carga externa pode representar uma favorável adaptação para sustentar o exercício, sendo que, a tensão que cada fibra necessita gerar, e assim o distúrbio metabólico imposto em cada uma delas, pode ser reduzido. Portanto,

parece ser razoável sugerir que o efeito do exercício prévio (reduzir o componente lento, o MRT e Δ [La]) pode resultar de um aumento na amplitude primária em consequência do recrutamento muscular adicional resultando num baixo distúrbio metabólico ao nível individual sobre a fibra (BURNLEY et al., 2002).

Alguns estudos têm sugerido que diferenças no recrutamento de unidades motoras depois do exercício prévio podem ser um dos mecanismos para a aceleração da cinética total de VO_2 (BURNLEY et al., 2002; PRINGLE et al., 2002; LANZI et al., 2012). Lanzi et al. (2012) encontraram que *sprints* repetidos prévios em cicloergômetro (6 x 6 s) com um breve (30 s) período de recuperação reduziu significativamente o componente lento de VO_2 em uma carga subsequente no Δ 50. O mesmo não foi verdadeiro quando a recuperação entre os *sprints* foi prolongada (180 s). Estes autores demonstraram um aumento no recrutamento motor (maior ativação de fibras tipo I e fadiga nas fibras tipo II) juntamente com uma melhor adequação do fornecimento e utilização de O_2 durante os componentes primários e lento na carga subsequente. Em contraste, o presente estudo demonstrou que ambas as intensidades de exercício prévio (carga constante versus *sprints* intermitentes) diminuíram a amplitude do componente lento de VO_2 na mesma proporção durante a corrida no domínio severo. Assim, parece ser razoável sugerir que ambos os protocolos de exercício prévio adotados podem induzir um similar recrutamento de unidades motoras e/ou de percentual contrações excêntricas e por isso influenciaram na mesma magnitude o componente lento de VO_2 (PRINGLE et al., 2002).

Nossos resultados demonstraram que a diminuição no componente lento não está relacionada às [La] elevadas depois do exercício prévio corroborando com o que já é descrito pela literatura (BURNLEY et al., 2002; FAISAL et al., 2009; LANZI et al., 2012). Rossiter et al. (2002) demonstraram que ~88 % do componente lento de VO_2 é manifestado na musculatura em exercício e no perfil de hidrólise da PCr. Ainda, Pringle et al. (2003) demonstraram que o % de distribuição de fibras tipo I foi significativamente correlacionado com a amplitude relativa do componente lento durante o exercício pesado ($r = -0,74$) e severo ($r = -0,64$) e, confirmaram os resultados prévios de Barstow et al. (1996). Entretanto, ainda não há um entendimento completo sobre os mecanismos que controlam o componente lento de VO_2 .

Entre os dois estudos que compararam diferentes intensidades de corrida sobre cinética de VO_2 , o estudo de Billat et al. (2000) não

buscou verificar o efeito do exercício prévio, mas observar qual a influência de dois protocolos de treinamento na cinética de VO_2 . No outro estudo realizado com a corrida como modo de exercício, Draper et al. (2006) com uma amostra de 10 corredores treinados, verificaram que o exercício severo prévio ($\Delta 50$) em comparação com o moderado não modificou o τ_p ou a amplitude primária da cinética de VO_2 na carga supramáxima subsequente no domínio severo, que levava a exaustão em aproximadamente dois minutos. Apesar dos autores não terem realizado cargas controle, o que não permite saber se a cinética de VO_2 foi mais rápida após o exercício prévio, este trabalho corrobora com nossos achados mostrando o exercício na intensidade do $\Delta 50$ não acelera o componente primário da cinética de VO_2 em uma carga severa supramáxima subsequente (DRAPER et al., 2006) ou em uma carga severa submáxima, como demonstrado na presente pesquisa.

Alguns estudos na literatura têm demonstrado existir relação entre a performance de *sprints* repetidos com a cinética de VO_2 (DUPONT et al., 2005; RAMPININI et al., 2009; DUPONT et al., 2010). Uma das hipóteses do presente trabalho era que haveria correlação entre os índices relacionados ao desempenho anaeróbio (TT, S_{dec} , $[\text{La}]_{\text{peak}}$) com a resposta do VO_2 na corrida no domínio severo. Esta hipótese não foi confirmada, visto que, não encontramos relações significantes entre nenhum dos índices derivados do IRS com os parâmetros da cinética de VO_2 .

Dupont et al. (2005) avaliando 11 atletas de futebol encontraram relação positiva alta da performance anaeróbia (S_{dec} e TT; para ambos $r = 0,80$) no teste de *sprints* repetidos (15 x 40 m, 25 s de recuperação ativa) com a constante τ da fase primária da cinética do VO_2 realizada durante a corrida de intensidade moderada (60 % da máxima velocidade aeróbia). Ao contrário da presente investigação, o estudo de Dupont et al. (2005) utilizou um protocolo de *sprints* em linha reta e uma recuperação ativa na intensidade de 50 % da máxima velocidade aeróbia em uma relação esforço/pausa de $\sim 1/4$, com um volume total de aproximadamente 7 min de exercício, acarretando num percentual considerável de contribuição oxidativa para a produção de energia. Ressalta-se ainda, que o índice de fadiga apresentado no estudo de Dupont et al. (2005) foi maior que o da presente investigação ($S_{\text{dec}} = 8,6$ % versus 1,7 %).

Nesse sentido, Rampinini et al. (2009) confirmaram os achados de Dupont et al. (2005), demonstrando relações entre a cinética do VO_2 durante a corrida de intensidade moderada com a RSA em 23 jogadores de futebol. Estes autores demonstraram correlações positivas

significantes entre a constante τ na fase primária com o tempo médio e o S_{dec} ($r = 0,62$ para ambos) em um protocolo de *sprints* repetidos (6 x 40 m, 20 s de recuperação passiva) com características similares ao do presente trabalho. Ponderando que, o S_{dec} foi consideravelmente maior no trabalho citado ($S_{dec} = 6,0$ % versus 1,7 %) em relação ao nosso estudo, em que optamos por um protocolo com um período maior de recuperação entre os estímulos (60 s versus 20 s), essas características podem explicar em parte as diferenças, visto que, no estudo de Rampinini et al. é provável que a via oxidativa tenha contribuído em maior proporção para sustentar a demanda imposta ao organismo na execução dos *sprints* finais.

O estudo de Buccheit et al. (2012) ressalta a importância de examinar quando as possíveis associações entre as variáveis da cinética de VO_2 com a performance de *sprints* repetidos são dependentes do protocolo adotado e/ou das características intrínsecas da população. Um importante resultado apresentado por estes autores foram as fracas ou inexistentes correlações entre os índices do RSA (e.g., tempo médio e S_{dec}) e o τ_p da cinética de VO_2 durante o exercício ou até mesmo na recuperação (τ_{off}). Quando os autores verificaram as relações com a amostra (atletas de esportes coletivos) dividida em grupos ($n \sim 12$) em poucos casos observaram correlação fraca ou moderada entre as variáveis. Porém quando analisaram a amostra como um todo ($n = 71$) não foram encontradas nenhum tipo de correlação significativa. Os resultados apresentados por Buccheit et al. (2012) contrastam com os estudos mencionados anteriormente e corroboram com os achados na presente investigação. Os autores afirmam que as correlações encontradas nas pesquisas citadas previamente foram possivelmente mais relacionadas a perfis de desempenho particulares de jogadores de futebol e/ou do design do RSA do que realmente uma causa/efeito entre os mecanismos.

6. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que diferentes protocolos e intensidades de exercício prévio exercem efeito similar sobre a cinética de VO_2 durante a corrida no domínio severo. A execução de *sprints* intermitentes prévios acelera a cinética total de VO_2 , aumentando a amplitude absoluta do componente primário e diminuindo a amplitude do componente lento e o MRT, mas esse efeito foi similar ao demonstrado por uma carga constante de exercício contínuo no domínio severo.

Nós confirmamos a literatura prévia mostrando que o exercício prévio não é capaz de acelerar o τ do componente primário, ao menos em sujeitos com valores abaixo de 20 s para esta variável. Além disso, mudanças no τ da fase primária estão associadas aos valores iniciais encontrados na situação controle. Além disso, maiores concentrações de lactato sanguíneo e maiores valores de frequência cardíaca, assim como um VO_2 mais alto após os *sprints* que poderiam representar uma maior oferta de O_2 para o exercício subsequente não explicam o efeito similar de diferentes modos de exercício prévio. Futuros estudos com medidas de consumo de O_2 muscular e/ou o uso de eletromiografia em diferentes protocolos de exercício prévio auxiliariam a esclarecer melhor estas lacunas.

Dessa forma, podemos concluir que ambas as intensidades de exercício utilizadas na presente pesquisa, ou seja, exercício contínuo de alta intensidade ou um protocolo com estímulos curtos e mudanças de sentido, intercalado por períodos de recuperação suficientes para causar um baixo índice de fadiga, seriam eficientes estratégias de aquecimento para acelerar a cinética total de VO_2 .

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, B. R.; PAVAN, A. L. Alturas e comprimentos. In: Petroski, E. L. (org.). **Antropometria: Técnicas e Padronizações**. 2ª ed. Porto Alegre: Palotti, 2003.

ARINS, F. B.; SILVA, R. C. R. Intensidade de trabalho durante os treinamentos coletivos de futsal profissional: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v.9, n. 3, p. 291-296, 2007.

ASTRAND, P. O. **Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age**. Copenhagen: Ejnar Munksgaard, 1952.

AZIZ, A. R.; MUKHERJEE, S.; CHIA, M. Y.; THE, K. C. Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. **Journal Sports Medicine Physical Fitness**, v. 47, n. 4, p. 401–407, 2007.

BAILEY, S. J.; WILKERSON, D. P.; DIMENNA, F. J.; JONES, A. M. Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. **Journal Applied Physiology**, v. 106, n. 6, 1875–1887, 2009.

BAKER, J.; RASBOTTON, R.; HAZELDINE, R. Maximal shuttle running over 40m as a measure of anaerobic performance. **British Journal of sports medicine**, n. 27, v. 4, p. 228 – 232, 1993.

BANGSBO, J.; KRUSTRUP, P.; GONZÁLEZ-ALONSO, J.; SALTIN, B. ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise: effect of previous exercise. **American Journal of Physiology**, v. 280, n. 6, p. E956–964, 2001.

BARBERO ÁLVAREZ, J. C. B.; BARBERO ÁLVAREZ, V. B. Relación entre el consumo de oxígeno y la capacidad para realizar ejercicio intermitente de alta intensidad en jugadores de fútbol sala. **Revista de Entrenamiento**, v.17, n.2, p.13-24, 2003.

BARBERO ÁLVAREZ, J. C. B.; SOTO, V. M.; BARBERO ÁLVAREZ, V. B.; GRANDA-VERA, J. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. **Journal of Sports Sciences**, v.26, n. 1, p.63-73, 2008.

- BARBERO ÁLVAREZ, J. C.; D'OTTAVIO, S.; VERA, J. G.; CASTAGNA, C. Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. **Journal of Strength Condition Research**, v. 23, n. 7, p. 2163–2166, 2009.
- BARSTOW, T. J.; MOLÉ, P. A. Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. **Journal Applied Physiology**, v. 71, n. 6, p. 2099–2106, 1991.
- BARSTOW, T. J.; JONES, A. M.; NGUYEN, P. H.; CASABURI, R. Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. **Journal Applied Physiology**, v. 81 n. 4, p. 1642–1650, 1996.
- BILLAT, V. L.; BOCQUET, V.; SLAWINSKI, J.; LAFFITE, L.; DEMARLE, A.; CHASSAING, P.; KORALSZTEIN, J. P. Effect of a prior intermittent run at $v\dot{V}O_2\text{max}$ on oxygen kinetics during an all-out severe run in humans. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 40, n. 3, p. 185-194, 2000.
- BILLAT, V.; LEPRETRE, P. M.; HEUGAS, A. M.; LAURENCE, M. H.; SALIM, D.; KORALSZTEIN, J. P. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female kenyan runners. **Medicine Science Sports Exercise**. v. 35, n. 2, p. 297-304, 2003.
- BISHOP, D.; LAWRENCE, S.; SPENCER, M. Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. **Journal Science Medicine Sport**, v. 6, n. 2, p.199–209, 2003.
- BISHOP, D.; SPENCER, M. Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. **Journal Sports Medicine Physical Fitness**, v. 44, n. 1, p.1–7, 2004.
- BØRSHEIM, E.; BAHR, R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Sports Medicine**, v. 33, n. 14, p. 1037–1060, 2003.
- BRUGHELLI, M., CRONIN, J., LEVIN, G., CHAOUACHI, A. Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. **Sports Medicine**, v. 38, n. 12, p. 1045-1063, 2008.
- BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B.; AHMAIDI, S. Effect of prior exercise on pulmonary O_2 uptake and estimated muscle capillary blood

flow kinetics during moderate-intensity field running in men. **Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 2, p. 460-470, 2009.

BUCHHEIT, M. Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 3, p. 230–239, 2012.

BURGOMASTER, K. A.; HUGHES, S. C.; HEIGENHAUSER, G. J.; 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, n. 6, p.1985–1990, 2005.

BURNLEY, M.; DOUST, J. H.; BALL, D.; JONES, A. M. Effects of prior heavy exercise on VO₂ kinetics during heavy exercise are related to changes in muscle activity. **Journal of applied physiology**, v. 93, n. 1, p. 167–74, 2002.

BURNLEY, M.; DOUST, J. H.; JONES, A. M. Effects of prior heavy exercise, prior sprint exercise and passive warming on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 4, p. 424-432, 2002.

BURNLEY, M.; KOPPO, K.; JONES, A. M. 'Priming exercise' and VO₂ kinetics. In: Jones, A. M.; Poole, D. C. (org.). **Oxygen uptake kinetics in sports, exercise and medicine**. 1^a ed. Abingdon: Routledge, 2005.

CAPUTO, F.; DENADAI, B. S. The highest intensity and the shortest duration permitting attainment of maximal oxygen uptake during cycling: effects of different methods and aerobic fitness level. **European Journal Applied Physiology**, v. 103, n. 1, p. 47-57, 2008.

CARTER, H.; JONES, A.M.; BARSTOW, T.J.; BURNLEY, M.; WILLIAMS, C.A.; DOUST, J.H. Oxygen uptake kinetics in treadmill running an cycle ergometry: a comparison. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 3, p. 899-907, 2000.

CASTAGNA, C.; MANZI, V.; D'OTTAVIO, S.; ANNINO, G.; PADUA, E.; BISHOP, D. Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1172–1176, 2007.

CASTAGNA C.; D'OTTAVIO S.; GRANDA-VERA, J.; ALVAREZ, B. J. C. Match demands of professional Futsal: A case study. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 4, p. 490 – 494, 2009.

CASTAGNA, C.; BARBERO ÁLVAREZ, J. C. Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 9, p. 2322–2329, 2010.

CHRISTENSEN, P. M.; KRUSTRUP, P.; GUNNARSSON, T. P.; KIILERICH, K.; NYBO, L.; BANGSBO, J. VO₂ kinetics and performance in soccer players after intense training and inactivity. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 43, n. 9, p. 1716-24, 2011.

DANIELS, J. A. A physiologist's view of running economy. **Medicine and Science in Sports**, v. 17, p. 333-338, 1985.

DA SILVA, J. F.; GUGLIELMO, L. G. A.; BISHOP, D. Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 8, p. 2115–2121, 2010.

DAY, J. R.; ROSSITER, H. B.; COATS, E. M.; SKASICK, A; WHIPP, B. J. The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. **Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 5, p. 1901–7, 2003.

DENADAI, B. S. Intensidade e tempo de exaustão a 100 % do VO₂max: implicações para o treinamento e a performance. **Revista de Educação Física**, n.124, p.23-36, 2000.

DENADAI, B. S.; CAPUTO, F. Efeitos do treinamento sobre a cinética de consumo de oxigênio durante o exercício realizado nos diferentes domínios de intensidade esforço. **Motriz**, v. 9, n. 1, (Supl.), p. S1 – S7, 2003.

DE-OLIVEIRA, F. R. **Predição dos limiares de lactato e ajustes de frequência cardíaca no teste de Léger – Boucher**. Tese (Doutorado em Filosofia e Ciências da Educação), San Sebastián: Universidade do País Basco, 2004.

DI PRAMPERO, P.E.; MAHLER, P.B.; GIEZENDANNER, D.; CERRETELLI, P. Effects of priming exercise on VO₂ kinetics and O₂ deficit at the onset of stepping and cycling. **Journal of Applied Physiology**, v. 66, n. 5, p. 2023-2031, 1989.

DOGRAMACI, S. N.; WATSFORD, M. L.; MURPHY, A. J. Time-motion analysis of international and national level futsal. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 3, p. 646–651, 2011.

DRAPER, S. B.; WOOD, D. M.; CORBETT, J.; JAMES, D. V. B.; POTTER, C. R. The effect of prior moderate- and heavy-intensity running on the VO_2 response to exhaustive severe-intensity running. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 1, n. 4, p. 361–374, 2006.

DUPONT, G.; MILLET, G. P.; GUINHOYA, C.; BERTHOIN, S. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. **European Journal Applied Physiology**, v. 95, n. 1, p. 27–34, 2005.

DUPONT, G.; MCCALL, A.; PRIEUR, F.; MILLET, G. P.; BERTHOIN, S. Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability. **European Journal Applied Physiology**, v. 110, n. 3, p. 627–634, 2010.

FAISAL, A.; BEAVERS, K. R.; ROBERTSON, A. D.; HUGHSON, R. L. Prior moderate and heavy exercise accelerate oxygen uptake and cardiac output kinetics in endurance athletes. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 5, p. 1553–1563, 2009.

FAULKNER J. A. Physiology of swimming and diving. In: FALLS, H. **Exercise Physiology**. 1^a ed. Baltimore: Academic Press, 1968.

FORSYTH, H.; SINNING, W. The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. **Medicine and Science in Sport**, v. 5, p. 174 – 180, 1973.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sports Science Reviews**, v.24, p.35-71, 1996.

GERBINO, A.; WARD, S.A.; WHIPP, B. J. Effects of prior exercise on pulmonary gas exchange kinetics during high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied physiology*, v. 80, n. 1, p. 99-107, 1996.

GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; BISHOP, D. Repeated-sprint ability – part 1: factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, v. 41, n. 8, p. 673 -694, 2011.

GLAISTER, M.; HOWATSON, G.; PATTISON, J. R.; MCINNES, G. The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint

work: an issue revisited. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 5, p. 601–1597, 2008.

GLANCY, B.; WILLIS, W. T.; CHESS, D. J.; BALABAN, R. S. Effect of calcium on the oxidative phosphorylation cascade in skeletal muscle mitochondria. **Biochemistry**, v. 52, n. 16, p. 2793–2809, 2013.

GOROSTIAGA, E. M.; LIODIO, I.; IBÁÑEZ, J.; GRANADOS, C.; NAVARRO, I.; RUESTA, M.; BONNABAU, H.; IZQUIERDO, M. Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. **European Journal Applied Physiology**, v. 106, n. 4, p. 483-491, 2009.

GURD, B. J.; PETERS, S. J.; HEIGENHAUSER, G. J. F.; . Prior heavy exercise elevates pyruvate dehydrogenase activity and speeds O₂ uptake kinetics during subsequent moderate-intensity exercise in healthy young adults. **The Journal of physiology**, v. 577, n. 3, p. 985–996, 2006.

GUGLIELMO, L. G. A.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Relação da potência aeróbica máxima e da força muscular com a economia de corrida em atletas de endurance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 1, p. 53 -56, 2005.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal Sports Medicine**, v.6, p.117-130, 1985.

HILL, D. W.; POOLE, D. C.; SMITH, J. C. The relationship between power and the time to achieve VO₂max. **Medicine Science and Sports Exercise**, v. 34, n. 4, p. 709 –714, 2002.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 27, n. 9, p. 1292–1301, 1995.

IDSTRÖM, J. P.; SUBRAMANIAN, V. H.; CHANCE, B.; SCHERSTEN, T.; BYLUND-FELLENIS, A. C. Oxygen dependence of energy metabolism in contracting and recovering rat skeletal muscle. **American Journal of Physiology**, v. 248, n. 17 (Heart Circulation Physiology), p. H40-H48, 1985.

JACOBS, I. Blood lactate. Implications for training and sports performance. **Sports Medicine**, v.3, n.1, p.10-25, 1986.

JONES, A. M.; POOLE, D. C. Introduction to oxygen uptake kinetics and historical development of the discipline. In: Jones, A. M.; Poole, D.

C. (org.). **Oxygen uptake kinetics in sports, exercise and medicine**. 1^a ed. Abingdon: Routledge, 2005.

JONES, A. M.; PRINGLE, J. S. M.; CARTER, H. Influence of muscle fibre type and motor unit recruitment on VO₂ kinetics. In: Jones, A. M.; Poole, D. C. (org.). **Oxygen uptake kinetics in sports, exercise and medicine**. 1^a ed. Abingdon: Routledge, 2005.

JONES, A. M.; DIMENNA, F.; LOTHIAN, F.; TAYLOR, E. GARLAND, S. W.; HAYES, P. R.; THOMPSON, K. G. “Priming” exercise and O₂ uptake kinetics during treadmill running. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 161, n. 2, p. 182–188, 2008.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal Applied Physiology**, v. 42, n. 1, p. 25-34, 1979.

KOPPO. K.; BOUCKAERT J. In humans the oxygen slow component is reduced by prior exercise of high as well as low intensity. **European Journal Applied Physiology**, v. 83, p. 559-565, 2000.

KOPPO. K.; BOUCKAERT J. The decrease in the VO₂ slow component induced by prior exercise does not affect the time to exhaustion. **International Journal of Sports Medicine**, v. 23, p. 262–267, 2002.

KROGH, A.; LINDHARD, J. The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. **Journal Physiology**, v. 47, n. 1, p. 112–136. 1913.

KRUSTRUP, P.; GONZALEZ-ALONSO, J., QUISTOFF, B.; BANGSBO, J. Muscle heat production and anaerobic energy turnover during repeated intense dynamic exercise in humans. **Journal of Physiology**, v. 536, n. 1, p. 947-956, 2001.

LACOUR, J. R.; PADILLA-MAGUNACELAYA, S.; CHATARD, J. C.; ARSAC, L. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology**, v.62, p.77-82, 1991.

LAMARRA, N.; WHIPP, B. J.; WARD, S. A.; WASSERMAN, K. Effect of inter breath fluctuations on characterizing exercise gas exchange kinetics. **Journal Applied Physiology**, v. 62, p. 2003–2012, 1987.

LANZI, S.; BORRANI, F.; WOLF, M.; GOJANOVIC, B.; MALATESTA, D. Effects of prior short multiple-sprint exercises with

different intersprint recoveries on the slow component of oxygen uptake during high-intensity exercise. **Applied physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 1090, p. 1080–1090, 2012.

MARWOOD, S.; ROCHE, D.; ROWLAND, T.; GARRARD, M.; UNNITHAN, V. B. Faster pulmonary oxygen uptake kinetics in trained versus untrained male adolescents. **Medicine Science and Sports Exercise**, v. 42, n. 1, p.127–134, 2010.

MARWOOD, S.; ROCHE, D.; GARRARD, M.; UNNITHAN, V. B. Pulmonary oxygen uptake and muscle deoxygenation kinetics during recovery in trained and untrained male adolescents. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 11, p. 2775-84, 2011.

MEDINA, J. V.; SALILLAS, L. G.; VIRÓN, P. C.; MARQUETA, P. M. Necesidades cardiovasculares y metabólicas Del fútbol sala: análisis de La competición. **Apunts Educación Física y Deportes**, v.67, p.45-51, 2002.

ÖZYENER, F.; ROSSITER, H. B.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **Journal of Physiology**, v. 533, n. 3, p. 891-902, 2001.

PRINGLE, J. S. M.; CARTER, H.; DOUST, J. H.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics during horizontal and uphill treadmill running in humans. **European journal of applied physiology**, v. 88, n. 1-2, p. 163 – 169, 2002.

PRINGLE, J. S. M.; DOUST, J. H.; CARTER, H.; TOLFREY, K.; CAMPBELL, I. T.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics during moderate, heavy and severe intensity “submaximal” exercise in humans: the influence of muscle fibre type and capillarisation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 3-4, p. 289 – 300, 2003.

RAMPININI, E.; BISHOP, D.; MARCORA, S. M.; BRAVO, D. F.; SASSI, R.; IMPELLIZZERI, F. M. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v.28, n. 3, p.228–235, 2007.

RAMPININI, E.; SASSI, R.; MORELLI, A.; MAZZONI, S.; FANCHINI, M.; COUTTS, A. J. Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. **Applied Physiology Nutrition Metabolism**, v.34, n.6, p.1048-54, 2009.

RODAS, G.; VENTURA, J. L.; CADEFAU, J. A.; CUSSO, R.; PARRA, J. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. **European Journal Applied Physiology**, v.82, n. 5, p.480–486, 2000.

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. 1063-1082, 2001.

ROSSITER, H. B.; WARD, S. A.; KOWALCHUCK, J. M.; HOWE, F. A.; GRIFFITHS, J. R.; WHIPP, B. J. Dynamic asymmetry of phosphocreatine concentration and O₂ uptake between the on- and off-transients of moderate- and high-intensity exercise in humans. **Journal of Physiology**, v.15, n. 541.3, p. 991-1002, 2002.

SILVA, S. G.; MINATTO, G.; FARES, D.; SANTOS, S. G. Caracterização da pesquisa (tipos de pesquisa). In: SANTOS, S. G. (Org.) **Métodos e técnicas de pesquisa quantitativa aplicada à Educação Física**. 1ª ed. Florianópolis: Tribo da ilha, p. 67-74, 2011.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In.: BROZEK, J.; HENSCHER, A. (eds.) **Techniques for measuring body composition**. Washington, DC: National Academy of Sciences, p.223-244, 1961.

SPENCER, M.; BISHOP, D.; DAWSON, D.; GOODMAN, C. Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities: Specific to Field-Based Team Sports. **Sports Medicine**, v. 35, n.12, p.1025-44, 2005.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

TOMLIN, D. L.; WENGER, H. A. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 1 – 11, 2001.

TØNNESSEN, E.; SHALFAWI, S. A. I.; HAUGEN, T.; ENOKSEN, E. The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 9, p. 2364-2370, 2011.

TSCHAKOVSKY, M. E.; HUGHSON, R. L. Interaction of factors determining oxygen uptake at the onset of exercise. **Journal Applied Physiology**, v. 86, 1101–1113, 1999.

WHIPP, B. J.; ÖZYENER, F. The kinetics of exertional oxygen uptake: assumptions and inferences. **Medicina Dello Sport**, v. 51, p. 139-149, 1998.

WHIPP, B. J.; ROSSITER, H. B. The kinetics of oxygen uptake: physiological inferences from the parameters. In: JONES A. M.; POOLE, D. C. (Eds.) **Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine**. Oxon, UK: Routledge, p. 62–94, 2005.

WRAGG, C. B.; MAXWELL, N. S.; DOUST, J. H. Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. **European Journal Applied Physiology**, v.83, n. 1, p.77–83, 2000.

XU, F.; RHODES, E. C. Oxygen uptake kinetics during exercise. **Sports Medicine**, v. 27, n. 5, p. 313-327, 1999.

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO APROVADO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS

De acordo com resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, todas as pesquisas conduzidas com seres humanos necessitam do termo de Consentimento Livre e Esclarecido, devendo o participante estar ciente dos objetivos do estudo. Estamos conduzindo o estudo intitulado: Relação da cinética de consumo de oxigênio com a capacidade de sprints repetidos em atletas de futsal, que tem como objetivo analisar qual a relação do comportamento da cinética de O₂ em intensidade de exercício constante com a habilidade de repetir de sprints máximos de curta duração e breves períodos de recuperação.

O projeto envolve o professor Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, e o mestrando do curso de pós-graduação em Educação Física Paulo Cesar Nascimento. A participação no estudo não envolve nenhum gasto para o participante e todos os materiais necessários serão providenciados pelos pesquisadores. As avaliações serão realizadas no Laboratório do Esforço Físico (LAEF) do Centro de Desportos (CDS); sendo necessárias três visitas ao LAEF. Para verificar o objetivo proposto pelo presente trabalho, serão realizados testes laboratoriais e de campo como será descrito a seguir. Todo o período do experimento durará no máximo duas semanas na seguinte ordem: 1) avaliação antropométrica e teste incremental; 2) testes em velocidade constante e realização de sprints repetidos; 3) Igual ao dia 2. 1º dia: Teste laboratorial (duração aproximada de 30 minutos) – No primeiro momento serão realizadas medidas de peso corporal e estatura, nenhuma delas oferece risco de lesões para o participante. Teste de esforço máximo em esteira ergométrica, iniciando na velocidade de 6 km/h-1 e 1% de inclinação constante com incrementos de 0,5 km/h-1 a cada 30 segundos até à exaustão voluntária. Haverá coleta de sangue do lóbulo da orelha para a dosagem do lactato sanguíneo no início e no final do teste, sendo orientação básica ao participante que ele deve alcançar o seu limite de esforço, podendo este, mesmo assim, solicitar a interrupção do teste no momento em que se sentir cansado ou se desejar terminar o teste. No teste de esforço máximo, o avaliado usará uma máscara no seu rosto para a coleta dos gases de oxigênio e gás carbônico do ar expirado. O participante usará também um medidor da frequência cardíaca (FC) do tipo Polar. Esse procedimento não oferece riscos.

2º e 3º dia: Teste em velocidade constante e realização de sprints repetidos (duração aproximada de 60 minutos cada dia) – Após um intervalo de 48 horas será realizado o teste em esteira numa velocidade constante (por volta de 75 % da capacidade máxima do indivíduo), que consiste em o indivíduo utilizando a máscara para análise do O₂ expirado realizar duas transições de 6 min com intervalos de 6 min entre elas (onde haverá coleta de sangue do lóbulo da orelha), descanso de 60 minutos, realização de 6 sprints de 40 m com intervalo de 1 minuto entre eles, e uma última carga de 6 minutos na esteira da mesma forma que as duas primeiras. No 3º dia após um intervalo de 48 horas será repetido o procedimento descrito anteriormente.

Todos os dados coletados neste estudo são estritamente confidenciais e serão utilizados para produção de artigos técnicos científicos. Apenas os pesquisadores terão acesso aos dados, que serão codificados e armazenados em banco de dados, de forma que a identificação por outras pessoas não seja possível. No entanto, essas informações poderão ser requisitadas pelo participante. Esta pesquisa terá como principal benefício possibilitar um melhor entendimento da modalidade para o aprimoramento da avaliação e prescrição do exercício.

Sua participação é voluntária e você poderá desistir dela em qualquer momento do estudo, bastando apenas informar aos pesquisadores. Caso você tenha alguma dúvida, poderá entrar em contato pelo telefone do LAEF: (048) 3721-9924, com:

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
Dep. de Educação Física – UFSC
e-mail: luizguilherme@cds.ufsc.br

Desde já, agradecemos a sua colaboração.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
ÁREA DE BIODINÂMICA DO DESEMPENHO HUMANO



TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado, de forma clara e objetiva, sobre todos os procedimentos do projeto de pesquisa intitulado **Relação da cinética de consumo de oxigênio com a capacidade de sprints repetidos em atletas de futsal**. Estou ciente que todos os dados a meu respeito serão sigilosos e que posso me retirar do estudo a qualquer momento. Assinando este termo, eu concordo em participar deste estudo.

Nome por extenso _____

Assinatura _____

Assinatura do pai ou responsável _____

Numero de R.G do responsável _____

Florianópolis (SC) ____/____/____

Pesquisador Responsável
Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

ANEXOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Cinética de consumo de oxigênio e capacidade de sprints repetidos em atletas de futsal

Pesquisador: Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 11144312.3.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 208.980

Data da Relatoria: 11/03/2013

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa **“RELAÇÃO DA CINÉTICA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO COM A CAPACIDADE DE SPRINTS REPETIDOS EM ATLETAS DE FUTSAL”** será realizado no laboratório de esforço físico (LAEF) da Universidade Federal de Santa Catarina, na cidade de Florianópolis com (20) jovens atletas de futsal da região e de nível estadual (menores de 20 anos) no primeiro semestre de 2013. A intenção desta pesquisa é abordar questões pertinentes ao desempenho anaeróbio e aeróbio, analisando a performance na execução de sprints repetidos juntamente com o comportamento do consumo de oxigênio dos indivíduos supracitados.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral

Analisar a relação entre a cinética de consumo de oxigênio nos diferentes domínios de intensidade de exercício com a capacidade de sprints repetidos em jovens jogadores de futsal.

Objetivos específicos

- 1) Apresentar os índices fisiológicos de capacidade (LAer, vLAer, OBLA, vOBLA) e potência aeróbia (VO2max, vVO2max, PV) em jogadores jovens de futsal;
- 2) Descrever as variáveis relacionadas ao desempenho anaeróbio alático (MT) e lático (TT, Sdec, LACpeak) obtidas no teste de sprints repetidos;
- 3) Identificar o comportamento da cinética de consumo de oxigênio durante as respostas on e off e a economia de corrida no domínio moderado de intensidade de exercício;

Endereço: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima
Bairro: Trindade CEP: 88.040-900
UF: SC Município: FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-9206 Fax: (48)3721-9998 E-mail: oep@reitoria.ufsc.br

- 4) Demonstrar o comportamento da cinética de consumo de oxigênio durante as respostas on e off e o tempo de exaustão no domínio severo de intensidade de esforço;
- 5) Examinar a relação entre os índices fisiológicos de capacidade e potência aeróbia com o comportamento da cinética de consumo de oxigênio nas respostas on e off nos diferentes domínios de intensidade de exercício;
- 6) Verificar se existe relação entre as variáveis relacionadas ao desempenho anaeróbio alático e láctico com o comportamento da cinética de consumo de oxigênio nas respostas on e off nos diferentes domínios de intensidade de esforço.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Nos procedimentos de coleta de dados os sujeitos serão submetidos a testes físicos o que poderá gerar um nível de fadiga central e periférica. Além disso, durante os testes pode gerar certos desconfortos, possibilidade de tonturas e náuseas. Ressalta-se que nem todos os sujeitos apresentam esses sintomas e que os mesmos poderão parar a realização de qualquer um dos testes em qualquer momento.

Benefícios:

Além dos benefícios científicos óbvios, onde o estudo contribuirá para o aprimoramento do conhecimento da área sobre os aspectos relacionados a avaliação e prescrição do treinamento, os indivíduos receberão relatórios com seus resultados em cada teste, onde haverá informações pertinentes as capacidades e potencialidades de cada um, podendo assim, realizar o seu treinamento de forma mais adequada, bem como, para as possíveis equipes onde estes atletas estão envolvidos, que poderão aprimorar a prescrição e a metodologia do treinamento a partir dos resultados obtidos

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente estudo, evidenciando fundamentação bibliográfica, pertinência e uma vez obtidos os dados conclusivos, poderá trazer novas propostas de treinamento adequando-se a necessidade de cada atleta, melhorando-se assim a performance exigida no Futsal.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos estão de acordo com as solicitações do CEP/SH, com TCLE claro e explicativo na metodologia a ser aplicada na pesquisa junto aos 20 participantes da pesquisa.

Recomendações:

Recomendamos a presença de um médico no momento em que os atletas estarão sendo avaliados uma vez que haverá condições de fadiga e certo desconforto.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O presente estudo não apresenta inadequações ou pontos que justifiquem pendência.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

coligiado

FLORIANOPOLIS, 01 de Março de 2013

Assinador por:
Washington Portela de Souza
(Coordenador)