

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ASSOCIAÇÕES ENTRE, ÍNDICES FISIOLÓGICOS E FADIGA  
NEUROMUSCULAR COM PADRÕES DE DESLOCAMENTO E DESEMPENHO DO  
CHUTE DE FINALIZAÇÃO NO FUTSAL**

**FABIO MILIONI**

**Março - 2014**

**Rio Claro/SP**



---

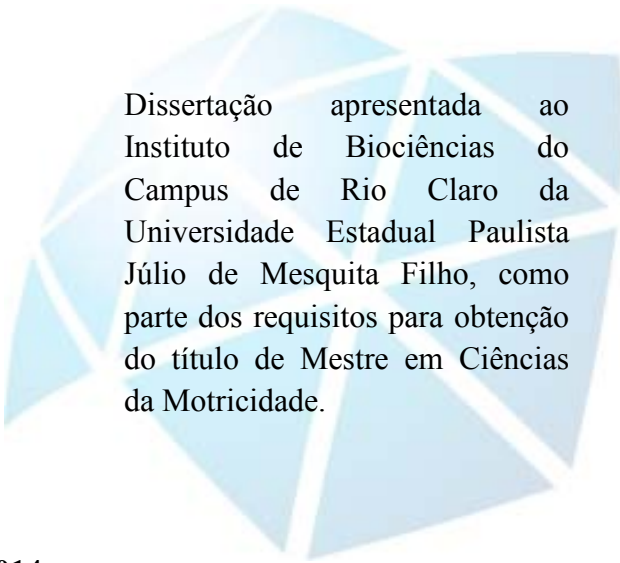
**FABIO MILIONI**

---

**ASSOCIAÇÕES ENTRE, ÍNDICES FISIOLÓGICOS E FADIGA  
NEUROMUSCULAR COM PADRÕES DE DESLOCAMENTO E DESEMPENHO DO  
CHUTE DE FINALIZAÇÃO NO FUTSAL**

**Orientador: Prof. Dr. Marcelo Papoti**

**Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago**

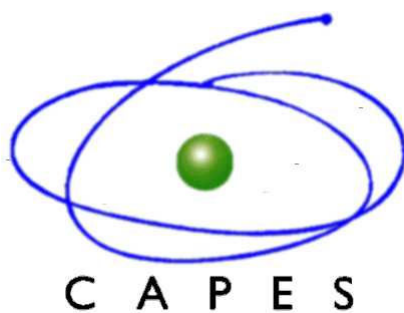


Dissertação apresentada ao  
Instituto de Biociências do  
Campus de Rio Claro da  
Universidade Estadual Paulista  
Júlio de Mesquita Filho, como  
parte dos requisitos para obtenção  
do título de Mestre em Ciências  
da Motricidade.

**Março - 2014**

**Rio Claro/SP**

**A presente dissertação de mestrado teve suporte financeiro:**



**Em memória do meu avô Romeu Milioni,  
um dos maiores exemplos com a qual eu já convivi.**

## AGRADECIMENTOS

Eu, Fabio Milioni, gostaria de agradecer a CAPES, pelo suporte financeiro.

Também gostaria de direcionar agradecimentos:

- Ao meu orientador Dr. Marcelo Papoti, pela oportunidade para desenvolver meu trabalho e companheirismo dispensados em todos os momentos. Grandes ensinamentos que levarei além da área acadêmica;
- Ao meu co-orientador Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago, por todo auxílio prestado e apoio incondicional em todas as situações;
- Aos professores Dr. Cláudio Alexandre Gobatto, Dr. Alessandro Moura Zagatto e Dr. Fabio Augusto Barbieri pela especial atenção e dedicação ao desenvolvimento desse trabalho, desde a concepção até as últimas considerações;
- Ao meu grande amigo Ms. Ricardo Augusto Barbieri, serei incapaz de agradecer o suficiente. Muito obrigado por tudo;
- A todos os colegas de laboratório, principalmente Eduardo Zapatterra Campos, Carlos Augusto Kalva-Filho, João Paulo Loures, Ronaldo Bucken Gobbi, Vitor Luiz Andrade, Reinaldo Macari, Bruno Bedo, Maria Souza Silva, Priscila Rossi Manciope e Natália Madalena Rinaldi, por todos os momentos de convivência e amizade;
- Aos alunos de iniciação científica comigo envolvidos: Luiz Henrique Palucci Vieira, Vitor Siqueira Serrano e Carlos Dellavechia Carvalho. Espero ter contribuído com vocês o tanto que vocês contribuíram comigo;
- Aos professores Dra. Camila de Moraes, Dr. Julio Wilson dos Santos, Dr. Felipe Arruda Moura e Edson Itaru Kaminagakura (*in memoriam*) pelo suporte técnico e tecnológico fornecido;
- Aos técnicos de laboratório Eduardo Bergonzoni Junqueira, Simone Sakagute Tavares, Bruno Alvares Viscelli e Sérgio Alves Arcangelo pela dedicação durante todo o trabalho;
- A comissão técnica e todos os atletas voluntários do estudo;
- Aos meus grandes amigos de Salto (ACFA) e aos que trago da graduação (XXXAMC);
- Aos meus familiares, Avós, Tios, Tias e primos;
- E especialmente à minha namorada Taciana Bataglia, ao meu irmão Felipe Milioni e aos meus pais João Carlos Milioni e Maria José Giatti Milioni, sem vocês nada disso seria possível. Vocês são meus heróis da vida real! *“There goes my hero. Watch him as he goes. There goes my hero. He’s ordinary.” – My Hero – Foo Fighters.*

MUITO OBRIGADO!

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi investigar as possíveis associações entre parâmetros fisiológicos e neuromusculares, com padrões de deslocamento e o desempenho do chute de finalização no futsal. Para isso foram realizados 3 estudos. Nos estudos 1 e 2, atletas amadores de futsal realizaram o *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST) e o Protocolo de Lactato Mínimo. Em diferentes dias participaram de dois jogos de futsal simulados. Durante os jogos as concentrações sanguíneas de lactato ([Lac]), percepção subjetiva de esforço (PSE) e frequência cardíaca (FC) foram monitoradas, e as simulações filmadas para posterior rastreamento do deslocamento dos jogadores. No estudo 3, atletas profissionais de futsal realizaram teste incremental para a determinação do limiar anaeróbio e consumo máximo de oxigênio. Em seguida foram realizados três jogos simulados monitorados quanto à [Lac] e FC e filmados integralmente para posterior rastreamento do deslocamento dos jogadores. Os parâmetros neuromusculares foram avaliados por meio da eletromiografia de superfície, contrações isométricas voluntárias máximas e da utilização da técnica de *Twitch Interpolation*. Para análise estatística foram utilizados testes t de *Student* para amostras dependentes, análise de variância ANOVA - *one way*, além de Correlações de Pearson para verificação de possíveis associações entre as diversas variáveis investigadas. O nível de significância foi assumido como 95% em todos os casos. Foram verificadas associações positivas dos índices aeróbios, com o desempenho durante *sprints* repetidos, contribuição energética do sistema alático e variáveis provenientes do rastreamento e apesar de queda significativa da *performance* dos padrões de deslocamento e dos parâmetros neuromusculares, não foi verificada diminuição do desempenho dos chutes de finalização. Tais resultados evidenciam a necessidade de desenvolvimento do sistema aeróbio para jogadores amadores de futsal visando atenuar a queda de *performance*, contudo é provável que para jogadores de alto nível, fatores neuromusculares sejam determinantes durante esforços intermitentes de alta intensidade. Além disso, a queda de desempenho neuromuscular, apesar de afetar os padrões de deslocamento, aparentemente não influencia significativamente a *performance* dos chutes de finalização.

**Palavras-chave:** Fisiologia. Biomecânica. *Twitch Interpolation*. Rastreamento.

## ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate possible associations between physiological and neuromuscular parameters with time-motion patterns and performance of shooting in futsal. Three studies were performed. In studies 1 and 2, amateur futsal athletes performed the Running Anaerobic Sprint Test (RAST) and the lactate minimum protocol. On different days participated in two simulated games of futsal. During the games the blood lactate concentrations ([Lac]), perceived exertion (RPE) and heart rate (HR) were monitored and recorded for subsequent tracking of time-motion players. In study 3, professional futsal athletes performed an incremental test for determining the anaerobic threshold and maximal oxygen uptake. Then was performed three simulated games monitored for [Lac] and HR and recorded entirely for later tracking of the time-motion players. Neuromuscular parameters were evaluated by surface electromyography, maximal isometric voluntary contractions and the Twitch Interpolation Technique. For statistical analysis were used Student's t test for dependent samples, ANOVA - one way and Pearson's correlation test to investigate possible associations between the variables investigated. The significance level was assumed as 95% in all cases. Were verified positive associations of aerobic indexes, with the performance during repeated sprints, the energy contribution of alactic system and variables from the tracking, despite a significant drop in performance of time-motion analysis and neuromuscular parameters, has not been verified decrease in performance of the finishing kicks. These results highlight the need for development of the aerobic system for amateur futsal players to mitigate the drop in performance, however it is likely that for higher level players, neuromuscular factors are determinants during intermittent high-intensity efforts. Furthermore, the fall of neuromuscular performance, although it affects the time-motion patterns apparently did not significantly influence the performance of finishing kicks.

**Key-words: Physiology. Biomechanics. Twitch Interpolation. Tracking.**

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.1.</b> Imagem da aplicação da técnica <i>Twitch Interpolation</i> . TC – Amplitude da <i>Twitch Control</i> ; TS – Amplitude da <i>Twitch Superimposed</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                   | 28 |
| <b>Figura 1.2. A:</b> Sinal eletromiográfico durante estimulação com pulso duplo; <b>B:</b> Amplitude da <i>M-Wave</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 29 |
| <b>Figura 1.3.</b> Considerações prévias acerca da organização dos estudos necessários para responder a pergunta central.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 34 |
| <b>Figura 2.1.</b> Comportamento típico do consumo de oxigênio durante o <i>running anaerobic sprint test</i> (RAST). <b>Composição 1:</b> Cálculo da contribuição aeróbia considerando todo o esforço durante o RAST. <b>Composição 2:</b> Cálculo da contribuição aeróbia considerando somente os <i>sprints</i> . As áreas hachuradas representam o consumo de oxigênio de linha de base descontado de cada composição..... | 44 |
| <b>Figura 2.2.</b> Sujeito representativo do aumento inicial excluído durante a fase do excesso de consumo de O <sub>2</sub> após o final do exercício no RAST (EPOC). ↑: Demarcam o período excluído para atingir ajuste matemático fino do modelo bi-exponencial.....                                                                                                                                                        | 45 |
| <b>Figura 2.3.</b> Potência e contribuição aeróbia dos sprints durante RAST (média ± DP).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 47 |
| <b>Figura 3.1.</b> Organograma das avaliações e coletas durante os jogos simulados.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 57 |
| <b>Figura 3.2.</b> Comportamento típico do consumo de oxigênio durante o <i>running anaerobic sprint test</i> (RAST). <b>Composição 1:</b> Cálculo da contribuição aeróbia considerando todo o esforço durante o RAST. <b>Composição 2:</b> Cálculo da contribuição aeróbia considerando somente os <i>sprints</i> . As áreas hachuradas representam o consumo de oxigênio de linha de base descontado de cada composição..... | 61 |
| <b>Figura 3.3.</b> Sujeito representativo do aumento inicial excluído durante a fase do excesso de consumo de O <sub>2</sub> após o final do exercício no RAST (EPOC). ↑: Demarcam o período excluído para atingir ajuste matemático fino do modelo bi-exponencial.....                                                                                                                                                        | 62 |
| <b>Figura 3.4. A:</b> Distância percorrida em cada faixa de velocidade. <b>B:</b> Tempo de permanência em cada faixa de velocidade.....                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 67 |
| <b>Figura 4.1.</b> Organograma das avaliações e jogos simulados.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 78 |
| <b>Figura 4.2.</b> Enquadramento da câmera posicionada frontalmente ao plano de gol e pontos utilizados para a calibração 2D e alocação do alvo de 1m <sup>2</sup> ao centro do gol.....                                                                                                                                                                                                                                       | 80 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 4.3.</b> Objeto rígido com os dez pontos fixos utilizados para definição dos eixos x, y e z.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 81 |
| <b>Figura 4.4.</b> Posicionamento das câmeras e as respectivas áreas de cobertura, e pontos da superfície da quadra de jogo utilizados para a definição dos eixos x e y.....                                                                                                                                                                                                                                                                                | 82 |
| <b>Figura 4.5.</b> Equipamentos utilizados e posicionamento do voluntário durante as avaliações neuromusculares. 1. Eletromiógrafo Miotool 400 (Miotec <sup>®</sup> - Brasil); 2. Placa de aquisição de sinais analógico/digital NI-USB 6009 (National Instruments <sup>®</sup> ); 3. Célula de carga CSR-1T (MK Controle <sup>®</sup> , São Paulo - Brasil); 4. Posicionamento dos equipamentos e do voluntário durante as avaliações neuromusculares..... | 84 |
| <b>Figura 4.6.</b> Protótipo Bioestimulador (Insight®, Ribeirão Preto – Brasil) e eletrodos de borracha condutiva.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 85 |
| <b>Figura 4.7.</b> <b>A:</b> Sinal da <i>M-Wave</i> ; <b>B:</b> Sinal da <i>M-Wave</i> amplificado ( <i>doublets</i> ); <b>C:</b> Determinação da <i>Twitch Control</i> (TC) e <i>Twitch Superimposed</i> (TS).....                                                                                                                                                                                                                                         | 86 |
| <b>Figura 4.8.</b> Percentual da distância percorrida em cada faixa de velocidade em relação a distância total percorrida.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 88 |
| <b>Figura 4.9.</b> Distância percorrida em cada faixa de velocidade.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 89 |
| <b>Figura 4.10.</b> <b>A:</b> Média da velocidade pico; <b>B:</b> Acurácia dos chutes de finalização em relação ao alvo pré-estabelecido.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 90 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 2.1.</b> Valores das variáveis provenientes do RAST (anaeróbias) e do lactato mínimo (aeróbias).....                                                                                                                                                                              | 46 |
| <b>Tabela 2.2.</b> Contribuição percentual de cada via metabólica durante o RAST, nas duas composições possíveis, considerando todo o teste e considerando somente os <i>sprints</i> .....                                                                                                  | 47 |
| <b>Tabela 2.3.</b> Valores de correlação de Pearson entre as variáveis aeróbias e as variáveis do RAST.....                                                                                                                                                                                 | 48 |
| <b>Tabela 2.4.</b> Valores de correlação de Pearson entre as variáveis do RAST, e as contribuições de cada via metabólica.....                                                                                                                                                              | 49 |
| <b>Tabela 3.1.</b> Valores das variáveis provenientes do RAST, lactato mínimo e monitoramento da simulação de jogo.....                                                                                                                                                                     | 65 |
| <b>Tabela 3.2.</b> Contribuição de cada via metabólica durante o RAST, nas duas composições possíveis, considerando todo o teste e considerando somente os <i>sprints</i> .....                                                                                                             | 66 |
| <b>Tabela 3.3.</b> Valores médios e desvio padrão durante primeiro e segundo períodos da simulação do jogo da velocidade máxima, velocidade média, número de <i>sprints</i> , média da concentração de lactato, média da percepção subjetiva de esforço e média da frequência cardíaca..... | 68 |
| <b>Tabela 3.4.</b> Valores de correlação de Pearson entre as variáveis provenientes do RAST, lactato mínimo e monitoramento da simulação de jogo e as variáveis do rastreamento.....                                                                                                        | 69 |
| <b>Tabela 3.5.</b> Valores de correlação de Pearson entre as variáveis da contribuição energética durante o RAST e as variáveis do rastreamento.....                                                                                                                                        | 70 |
| <b>Tabela 4.1.</b> Valores (média, desvio padrão e intervalo) provenientes do teste incremental....                                                                                                                                                                                         | 87 |
| <b>Tabela 4.2.</b> Valores médios das faixas de velocidade individualizadas.....                                                                                                                                                                                                            | 87 |
| <b>Tabela 4.3.</b> Valores (média, desvio padrão e intervalo) do monitoramento fisiológico das simulações de jogo.....                                                                                                                                                                      | 88 |
| <b>Tabela 4.4.</b> Valores referente ao rastreamento semi-automático das simulações de jogos.....                                                                                                                                                                                           | 89 |
| <b>Tabela 4.5.</b> Valores (média e desvio padrão) do monitoramento neuromuscular pré e pós simulação de jogo.....                                                                                                                                                                          | 90 |

**Tabela 4.6.** Valores de correlação de Pearson entre os padrões de deslocamento durante a simulação, variação absoluta das variáveis neuromusculares, variáveis do protocolo incremental e variáveis do monitoramento fisiológico das simulações.....91

**Tabela 4.7.** Correlações entre as variações absolutas (2º Período – 1º Período ou final - inicial) das variáveis dos padrões de deslocamento, neuromusculares, monitoramento fisiológico do jogo, desempenho dos chutes de finalização e índices fisiológicos provenientes do protocolo incremental.....93

**Tabela 4.8.** Correlações entre as variações absolutas (2º Período – 1º Período ou final - inicial) das variáveis dos padrões de deslocamento, neuromusculares, monitoramento fisiológico do jogo, desempenho dos chutes de finalização e índices fisiológicos provenientes do protocolo incremental.....95

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**%AV** – Percentual de ativação voluntária;

**[Lac]** – Concentração de lactato sanguíneo;

**[Lac]jogo** – Concentração média de lactato sanguíneo durante simulação do jogo de futsal;

**[Lac]pico** - Concentração pico de lactato sanguíneo após o RAST;

**[Lac]pico\_jogo** - Concentração pico de lactato sanguíneo durante simulação do jogo de futsal;

**$\Delta vLM$**  – Faixa de velocidade que compreende de 0,73 km/h<sup>-1</sup> até 50% do valor relativo a diferença entre vLM e Parado

**$\Delta vRAST$**  – Faixa de velocidade que compreende de vVO<sub>2</sub>max até 50% do valor relativo a diferença entre vRAST e vVO<sub>2</sub>max;

**$\Delta vSprint$**  - Faixa de velocidade que compreende de vVO<sub>2</sub>max até 50% do valor relativo a diferença entre vSprint e vVO<sub>2</sub>max

**$\Delta[Lac]$**  – Variação absoluta da concentração de lactato sanguíneo;

**$\Delta[Lac]med$**  - Variação absoluta da média da concentração média de lactato durante a simulação de jogo;

**$\Delta[Lac]pico$**  - Variação absoluta da média da concentração pico de lactato durante a simulação de jogo;

**$\Delta Acurácia$**  - Variação absoluta da média da acurácia;

**$\Delta AV$**  - Variação absoluta da média do percentual de ativação voluntária;

**$\Delta FCmed$**  - Variação absoluta da média da frequência cardíaca média durante a simulação de jogo;

**$\Delta FCpico$**  - Variação absoluta da média da frequência cardíaca pico durante a simulação de jogo;

**$\Delta Fpico$**  - Variação absoluta da média da força pico;

**$\Delta M-wave$**  - Variação absoluta da média da amplitude da *M-wave*;

**$\Delta RMS$**  - Variação absoluta da média da RMS do sinal eletromiográfico;

**$\Delta RMS/M-wave$**  - Variação absoluta da média da razão da RMS dividida pela amplitude da *M-wave*;

**$\Delta TC$**  - Variação absoluta da média da amplitude da *twitch control*;

**$\Delta TS$**  - Variação absoluta da média da amplitude da *twitch superimposed*;

**$\Delta$ Velocidade pico** - Variação absoluta da média da velocidade pico;

**$\mu L$**  – Microlitros;

**$\tau$**  – *Tau*;

**$Aer_{sprint}$**  – Contribuição do metabolismo aeróbio durante os *sprints* do RAST;

**$Aer_{total}$**  - Contribuição do metabolismo aeróbio durante os todo RAST;

**Ala** - Contribuição do metabolismo anaeróbio alático durante os todo RAST;

**ANOVA** – Análise de variância;

**ATP** – Trifosfato de adenosina;

**AVI** - *Audio-Video Interleave*;

**B1** - Bateria 1;

**B2** - Bateria 2;

**B3** - Bateria 3;

**$CO_2$**  – Dióxido de carbono;

**CV** – Coeficiente de variação;

**CVM** – Contração isométrica voluntária máxima;

**d** – Distância;

**DEXA scan** - *Dual-energy x Ray absorptiometry*;

**D-max** – Método matemático para determinação do limiar anaeróbio;

**DP** – Desvio padrão;

**Dtotal** - Média da distância total percorrida;

**EMG** – Eletromiografia de superfície;

**EPOC** – Excesso do consumo de oxigênio após o final do exercício;

**FC** – Frequência cardíaca;

**$FC_{máx}$**  - Frequência cardíaca máxima;

**FIFA** - *Fédération Internationale de Football Association*;

**Fpico** – Força pico;

**H<sup>+</sup>** - Íons de hidrogênio;

**HD** – *High definition*;

**HR** – *Heart rate*;

**Hz** – Hertz;

**IF** – Índice de fadiga;

**iVO<sub>2</sub>max** – Intensidade relativa ao consumo máximo de oxigênio;

**kg** – Quilogramas;

**km** – Quilômetros;

**L** – Litros;

**L.O<sub>2</sub>** – Litros de oxigênio;

**LAn** – Limiar anaeróbio;

**mA** – Miliamper;

**MAOD** – Máximo déficit de oxigênio acumulado;

**MAOD<sub>RED</sub>** - Máximo déficit de oxigênio acumulado obtido a partir de modelo reduzido;

**MART** - *Maximum Anaerobic Running Test*;

**mc** – Massa corporal;

**ml.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>** – Mililitros de oxigênio consumido por quilograma de peso corporal;

**mmol.L<sup>-1</sup>** – Milimoles por litro;

**M-Wave** – Resposta eletromiográfica à máxima estimulação elétrica do nervo motor;

**NaF** – Fluoreto de sódio;

**Nsprints** – Número de *sprints*;

**P** – Potência;

**PCr** – Fosfocreatina;

**pH** – Potencial hidrogeniônico;

**PMed** – Potência média;

**PMedR** – Potência média relativa ao peso corporal;

**PMin** – Potência mínima;

**PMinR** – Potência mínima relativa ao peso corporal;

**PP** – Potência pico;

**PPR** – Potência pico relativa ao peso corporal;

**PSE** – Percepção Subjetiva de esforço;

**RAST** – *Running Anaerobic Sprint Test*;

**RMS** – *Root Mean Square*;

**RMS/M-Wave** – Razão entre RMS e *M-Wave*;

**RPE** – *Ratio of perceived exertion*;

**s** – Segundo;

**t** – Tempo;

**TC** – *Twitch control*;

**TS** – *Twitch superimposed*;

**V** – Volts;

**vLM** - Intensidade relativa à concentração mínima de lactato;

**Vmax** – Velocidade máxima;

**Vmed** – Média de velocidade;

**VO<sub>2</sub>** – Consumo de oxigênio;

**VO<sub>2</sub>max** – Consumo máximo de oxigênio,

**vRAST** – Velocidade máxima atingida no RAST;

**vSprint** - Faixa de velocidade que compreende de  $\Delta vSprint$  até  $vSprint$ ;

**vVO<sub>2</sub>max** – Velocidade relativa ao consumo máximo de oxigênio;

**W** – Watts;

**W.kg<sup>-1</sup>** – Watts por quilograma de peso corporal.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                           | Página |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CAPÍTULO 1 - Introdução geral e revisão de literatura.....                                                                                                                                | 19     |
| 1.1. Introdução.....                                                                                                                                                                      | 20     |
| 1.1.1. Futsal: As demandas fisiológicas do esporte.....                                                                                                                                   | 21     |
| 1.1.2. Protocolos de avaliação da capacidade aeróbia.....                                                                                                                                 | 22     |
| 1.1.3. Protocolos de avaliação anaeróbia e o desempenho em <i>sprints</i> .....                                                                                                           | 25     |
| 1.1.4. Protocolos de avaliação da fadiga central e periférica.....                                                                                                                        | 27     |
| 1.1.5. Padrões de deslocamento e o desempenho do chute.....                                                                                                                               | 31     |
| 1.1.6. Abordagem experimental do problema.....                                                                                                                                            | 34     |
| 1.2. Objetivo.....                                                                                                                                                                        | 35     |
| 1.2.1. Objetivos específicos.....                                                                                                                                                         | 35     |
| CAPÍTULO 2 - Estudo 1: Associações entre contribuições dos sistemas energéticos e o desempenho durante o <i>Running Anaerobic Sprint Test</i> (RAST) em jogadores amadores de futsal..... | 37     |
| 2.1. Resumo.....                                                                                                                                                                          | 38     |
| 2.2. Introdução.....                                                                                                                                                                      | 38     |
| 2.3. Material e métodos.....                                                                                                                                                              | 40     |
| 2.3.1. Sujeitos.....                                                                                                                                                                      | 40     |
| 2.3.2. Procedimentos experimentais.....                                                                                                                                                   | 40     |
| 2.3.3. Composição corporal.....                                                                                                                                                           | 41     |
| 2.3.4. <i>Running Anaerobic Sprint Test</i> .....                                                                                                                                         | 41     |
| 2.3.5. Protocolo de lactato mínimo.....                                                                                                                                                   | 42     |
| 2.3.6. Mensuração das trocas gasosas.....                                                                                                                                                 | 43     |
| 2.3.7. Determinação da participação energética no RAST.....                                                                                                                               | 43     |
| 2.4. Análise estatística.....                                                                                                                                                             | 45     |
| 2.5. Resultados.....                                                                                                                                                                      | 46     |

|                                                                                                                                                                                                     |                                                                    |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.                                                                                                                                                                                                | Discussão.....                                                     | 47 |
| 2.7.                                                                                                                                                                                                | Aplicação prática.....                                             | 51 |
| 2.8.                                                                                                                                                                                                | Conclusão.....                                                     | 52 |
| CAPÍTULO 3 - Estudo 2: Associação entre a contribuição energético-metabólica durante <i>sprints</i> repetidos e os padrões de deslocamento durante jogo simulado de futsal.....                     |                                                                    | 53 |
| 3.1.                                                                                                                                                                                                | Resumo.....                                                        | 54 |
| 3.2.                                                                                                                                                                                                | Introdução.....                                                    | 54 |
| 3.3.                                                                                                                                                                                                | Materiais e métodos.....                                           | 56 |
| 3.3.1.                                                                                                                                                                                              | Sujeitos.....                                                      | 56 |
| 3.3.2.                                                                                                                                                                                              | Procedimentos experimentais.....                                   | 57 |
| 3.3.3.                                                                                                                                                                                              | Composição corporal.....                                           | 58 |
| 3.3.4.                                                                                                                                                                                              | <i>Running Anaerobic Sprint Test</i> .....                         | 58 |
| 3.3.5.                                                                                                                                                                                              | Protocolo de lactato mínimo.....                                   | 58 |
| 3.3.6.                                                                                                                                                                                              | Coleta e determinação das concentrações de lactato sanguíneo ..... | 59 |
| 3.3.7.                                                                                                                                                                                              | Mensuração das trocas gasosas.....                                 | 59 |
| 3.3.8.                                                                                                                                                                                              | Determinação da participação energética no RAST.....               | 60 |
| 3.3.9.                                                                                                                                                                                              | Jogo simulado.....                                                 | 62 |
| 3.3.10.                                                                                                                                                                                             | Rastreamento semi-automático.....                                  | 63 |
| 3.4.                                                                                                                                                                                                | Análise estatística.....                                           | 64 |
| 3.5.                                                                                                                                                                                                | Resultados.....                                                    | 65 |
| 3.6.                                                                                                                                                                                                | Discussão.....                                                     | 70 |
| 3.7.                                                                                                                                                                                                | Conclusão.....                                                     | 73 |
| CAPÍTULO 4 - Estudo 3: Associações de parâmetros fisiológicos e neuromusculares com o padrão de deslocamento e <i>performance</i> do chute de finalização de jogadores profissionais de futsal..... |                                                                    | 74 |
| 4.1.                                                                                                                                                                                                | Resumo.....                                                        | 75 |
| 4.2.                                                                                                                                                                                                | Introdução.....                                                    | 75 |

|        |                                                                                                           |     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.   | Materiais e métodos.....                                                                                  | 77  |
| 4.3.1. | Sujeitos.....                                                                                             | 77  |
| 4.3.2. | Procedimentos experimentais.....                                                                          | 77  |
| 4.3.3. | Determinação do limiar anaeróbio.....                                                                     | 78  |
| 4.3.4. | Mensuração das trocas gasosas.....                                                                        | 79  |
| 4.3.5. | Jogo simulado e baterias de chutes de finalização.....                                                    | 79  |
| 4.3.6. | Rastreamento semi-automático.....                                                                         | 82  |
| 4.3.7. | Avaliação neuromuscular.....                                                                              | 83  |
| 4.3.8. | <i>Twitch interpolation</i> .....                                                                         | 85  |
| 4.4.   | Análise estatística.....                                                                                  | 86  |
| 4.5.   | Resultados.....                                                                                           | 87  |
| 4.6.   | Discussão.....                                                                                            | 96  |
| 4.7.   | Conclusão.....                                                                                            | 98  |
|        | CAPÍTULO 5 - Conclusões e considerações finais.....                                                       | 100 |
| 5.1.   | Influência das variáveis fisiológicas no desempenho durante o futsal.....                                 | 101 |
| 5.2.   | Contribuição energética durante <i>sprints</i> repetidos e as associações com o desempenho no futsal..... | 102 |
| 5.3.   | Fadiga neuromuscular e o desempenho no futsal.....                                                        | 102 |
| 5.4.   | Conclusão final e estudos futuros.....                                                                    | 103 |
|        | REFERÊNCIAS.....                                                                                          | 105 |
|        | ANEXOS.....                                                                                               | 116 |

# **CAPÍTULO 1**

## **Introdução geral e revisão de literatura**

## 1.1. Introdução

Durante uma partida de futsal o sistema aeróbio contribui com cerca de 76 % do montante total de energia despendida, com um volume médio de oxigênio consumido de aproximadamente  $48,6 \text{ ml.kg.min}^{-1}$  (CASTAGNA et al., 2009). Porém, ao mesmo tempo em que há uma predominância aeróbia, a determinância das vias anaeróbias é evidente à medida que são exigidas de 13 a 39 corridas de alta intensidade a cada 79 s, gerando uma concentração aproximada de lactato sanguíneo de  $6 \text{ mmol.L}^{-1}$  e picos relativos a 85 % da concentração máxima individual (CASTAGNA et al., 2009; AVELAR et al., 2008). A necessidade recorrente de sustentar *sprints* repetidos e de modo consecutivo reduzem de forma severa as reservas energéticas (PSSOTA et al., 2011).

A demanda energética do jogo confere o aumento da concentração de lactato sanguíneo produzido pelo metabolismo da contração do músculo esquelético (CASTAGNA et al., 2009). A combinação do desequilíbrio entre produção e remoção ocasiona a quebra da homeostase do pH muscular em função da incapacidade de tamponamento dos íons  $\text{H}^+$ , provocando a ineficiência da fosforilação oxidativa na ressíntese da molécula de ATP e diminuição das taxas de produção de força (BISHOP et al., 2004). Esse quadro induz à instauração do processo de fadiga muscular, o qual é caracterizado como a incapacidade de manter os níveis de força desejados ou sustentar a intensidade de exercício (GANDEVIA, 2001), possivelmente interferindo nos padrões de deslocamento e na eficiência de gestos técnicos durante a prática esportiva.

Em função da escassez de estudo que assumiram o futsal como objeto da investigação das possíveis associações entre as demandas energético-metabólica e neuromuscular *versus* padrões de deslocamento e desempenho de gestos técnicos, traça-se um paralelo com outros esportes de características intermitentes como o futebol, em função do maior número de trabalhos que relacionaram condições fatigantes com a *performance* dos deslocamentos (BANGSBO et al., 2007; KRUSTRUP et al., 2006) e até mesmo o desempenho de gestos técnicos específicos como o chute de finalização (RUSSEL et al., 2011; ALI et al., 2007).

A partir de circuitos que simulam o jogo, Ferraz et al. (2012) constataram queda de *performance* dos chutes quanto a velocidade da bola, sendo que Ali et al. (2007) verificaram queda significativa da acurácia e Russell et al. (2011) para ambos. Entretanto, há estudos que não verificaram diferenças na *performance* dos chutes mesmo após exercício exaustivos (CURRELL et al., 2009; CARLING e DUPONT, 2011), permanecendo inconclusivos os resultados sobre a influência da demanda do jogo sobre padrões técnicos específicos.

Ainda no tocante a *performance*, não menos importante são os padrões de produção de força (torque) e neuromusculares. Robineau et al. (2012) verificaram significativa queda dos valores de eletromiografia (EMG) e produção de torque dos extensores e flexores do joelho em momentos específicos de uma simulação de partida de futebol (especificamente após os primeiros 45 min e ao final dos 90 min), entretanto a literatura não é consistente em afirmar se a fadiga se dá em níveis centrais ou periféricos durante esforços intermitentes de alta intensidade (PERREY et al., 2010; GIRARD et al., 2013).

Desse modo o presente estudo estará empenhado em investigar as relações entre índices fisiológicos e fadiga neuromuscular (central, periférica ou ambas) com os padrões de deslocamento e *performance* (velocidade e acurácia) dos chutes de finalização no futsal.

### **1.1.1. Futsal: As demandas fisiológicas do esporte**

O esporte Futsal é praticado em quadras de 40 x 20 m, entre equipes com cinco jogadores, sendo que quatro atuam na linha e um como goleiro. São realizados dois tempos de 20 min com interrupções em alguns eventos específicos (bola sai de jogo, atendimentos médico, tempos técnico ou quando ocorrem faltas), tendo como uma de suas principais características o número ilimitado de substituições, o que promove a característica de esporte intermitente de alta intensidade (BARBERO-ALVAREZ et al., 2008) com mudanças de atividade motora a cada 3,28 s em média (DOGRAMACI e WATSFORD, 2006).

As atividades motoras mais recorrentes da modalidade são os *sprints*, mudanças abruptas de direção, deslocamentos em diferentes velocidades, chutes, passes e desarmes, (CASTAGNA et al., 2009; GOROSTIAGA et al., 2009) demandando, alto desempenho de força e velocidade, medidas antropométricas específicas e utilização intensa dos sistemas anaeróbio (alático e lático) e aeróbio (BARBERO-ALVAREZ et al., 2008; CASTAGNA et al., 2009; GOROSTIAGA et al., 2009), sendo o último responsável por cerca de 76 % da energia despendida durante o jogo (CASTAGNA et al., 2009).

Apesar do futsal apresentar altas exigências do sistema anaeróbio (3 – 4 *sprints* curtos com períodos de recuperação de 20 – 30 s), com concentração média de lactato sanguíneo em torno de 5,3 mmol.L<sup>-1</sup> e alcançando picos de 80 – 85 % relativos a concentração máxima atingida durante protocolo incremental em esteira ergométrica, a capacidade aeróbia é tão determinante quanto, pois o consumo médio de oxigênio de uma partida é de aproximadamente 48,6 ml.kg.min<sup>-1</sup>, sendo indicado na literatura valores individuais entre 55 e

60 ml.kg.min<sup>-1</sup> como condição para desempenho ótimo da prática profissional (CASTAGNA et al., 2009; BARBERO-ALVAREZ et al., 2009).

O metabolismo aeróbio passa a ser ainda mais importante se considerados os achados de Bishop et al. (2004) que o credenciam como um importante preditor da capacidade de sustentar *sprints* repetidos com curtos intervalos de recuperação, assim como ocorre no futsal. Os autores também defendem que o treinamento da capacidade aeróbia contribui com aprimoramento do sistema tampão em neutralizar a ação dos íons H<sup>+</sup> proveniente de exercícios de alta intensidade.

Corroborando com os achados de Bishop et al. (2004), Helgerud e colaboradores (2001) verificaram que a melhora de 5 ml.kg.min<sup>-1</sup> no VO<sub>2</sub>max e 7 % na economia de corrida influenciou sensivelmente atletas de futebol quanto a “técnica e ao desempenho tático” durante o jogo. Isto resultou em um maior número de ações com a bola, desempenho técnico similar apesar da intensidade do exercício significativamente maior, aumento do número de *sprints*, e maior distância percorrida durante o jogo.

Em relação à frequência cardíaca média durante o jogo, normalizada pela porcentagem da máxima (FC<sub>máx</sub>), tanto no futebol quanto no futsal encontram-se valores em torno de 90 % da FC<sub>máx</sub> (CASTAGNA et al., 2009; STOLEN et al., 2005). Esses valores são próximos a frequência relativa ao limiar anaeróbio (LAN) ou máxima fase estável de lactato (MFEL) (BENEKE et al., 2003).

Logo, o monitoramento do condicionamento físico de atletas de futsal durante temporada competitiva se mostra de extrema importância, e a avaliação de índices aeróbios, anaeróbios e neuromusculares auxiliam técnicos, preparadores físicos e fisiologistas no monitoramento das intensidades de treino e entendimento das demandas energéticas e neuromusculares da modalidade.

### **1.1.2. Protocolos de avaliação da capacidade aeróbia**

Comumente o metabolismo aeróbio está vinculado a exercícios de cargas moderadas e períodos proporcionalmente longos de duração, entretanto, recentemente a literatura tem apontado que um sistema oxidativo bem desenvolvido colabora sensivelmente para recuperação de esforços intermitentes de alta intensidade (MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2012; BISHOP et al., 2004; TOMLIN e WENGER, 2001).

Em função de sua importância tanto na sustentação da intensidade do exercício, como na recuperação entre esforços exaustivos, a avaliação precisa da capacidade dessa via

metabólica (capacidade aeróbia) torna-se fundamental, visto que a determinação de índices confiáveis propicia âncoras para prescrições de treinamentos cada vez mais eficientes.

A máxima fase estável de lactato sanguíneo (MFEL), tida como “padrão ouro” para avaliação da capacidade aeróbia (BENEKE et al., 2002; BILLAT et al., 2003), é determinada a partir da análise das concentrações de lactato ao longo de exercícios com cargas constantes, de 30 min de duração, em diferentes intensidades. Assumi-se como MFEL a máxima intensidade na qual a concentração de lactato não oscilou mais que  $1 \text{ mmol.L}^{-1}$  entre o 10 e o 30 min de exercício, enquadrando-se dessa forma, no critério pré-estabelecido de estabilização do lactato sanguíneo (HECK et al., 1985).

Ainda, a MFEL foi atestada como reprodutível quando aferida em ciclo ergômetro, apresentando baixo coeficiente de variação entre teste e reteste ( $\sim 3\%$ ) (HAUSER et al., 2012), e demonstrou ser sensível ao treinamento aeróbio (BILLAT et al., 2004), entretanto o grande número de sessões necessárias para a determinação do índice, assim como o custo operacional envolvido e a necessidade de pessoal especializado para aplicação do protocolo de teste, dificultam a utilização desse método durante a rotina de treinamento e fazem com que novos modelos de protocolo sejam criados com o intuito de avaliar de forma consistente a capacidade aeróbia em uma única sessão.

Nesse sentido, é comum a estimativa da MFEL por meio de protocolos com cargas incrementais ao longo do tempo, as quais, a partir de determinada intensidade, acarretam aumento abrupto da concentração de lactato no sangue, possibilitando a identificação do momento em que a atividade do metabolismo anaeróbio láctico passa a contribuir massivamente na demanda energética do esforço, ocasionando desequilíbrio entre produção e remoção do lactato sanguíneo, e consequente acúmulo de metabólitos responsáveis pela redução do pH do organismo (i.e. íons  $\text{H}^+$ ) (WASSERMAN e MCILROY, 1964).

São muitos os protocolos usados para a determinação do limiar anaeróbio (LAn) ou MFEL. Em meados da década de 80, alguns estudos propuseram a identificação do LAn por meio da utilização da intensidade relativa a concentração fixa de  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$  de lactato, a qual seria a média populacional do ponto de inflexão do lactato sanguíneo durante protocolo incremental, assim como do valor de estabilização durante protocolo de carga constante de MFEL (SJODIN e JACOBS, 1981; HECK et al., 1985).

Contudo, Heck et al. (1985) demonstraram que as concentrações de lactato sanguíneo referente às intensidades com caráter aeróbio (MFEL e LAn), podem apresentar grande variabilidade inter-sujeitos, ocasionando erros significativos na determinação do índice. Dessa forma, surgem alternativas no processamento do LAn que levam em consideração a análise da

cinética de produção e remoção desse metabólito durante o exercício, sendo que dentre esses métodos, os mais comuns são os modelos bi-segmentado (PAPOTI et al., 2009), D-max e a identificação visual do LAn individual (MORTON et al., 2011).

O primeiro identifica visualmente o ponto de inflexão das concentrações de lactato em função das intensidades crescentes e dividi a curva em dois momentos distintos, aplicando ajustes lineares nos conjuntos de pontos identificados, de modo que a intensidade relativa à intersecção das duas retas formadas é assumido como o LAn (PAPOTI et al., 2009). O modelo D-max calcula a maior distância perpendicular entre a curva das concentrações de lactato e uma linha traçada entre o primeiro e último ponto dessa mesma curva (MORTON et al., 2011), além da determinação visual do momento de inflexão da curva, ou seja, quando o comportamento passa de linear para exponencial, significando o início do desequilíbrio entre produção e remoção de lactato sanguíneo e consequentemente a maior intensidade que pode ser sustentada por um longo período de tempo, sem a intensa participação do metabolismo anaeróbio (MORTON et al., 2011).

Contudo, todos os métodos supracitados sofrem a interveniência de sessões de treinamentos antecedentes à avaliação e do estado nutricional prévio, visto que um estoque de glicogênio depletado ocasiona menor fornecimento de substrato energético para a via glicolítica, alterando a produção de lactato durante o teste (DOTAN et al., 1989), marcador bioquímico avaliado durante esses protocolos.

Nesse sentido, uma saída elegante para avaliação da MFEL em apenas uma sessão, de maneira robusta suficiente para não sofrer influência de fatores nutricionais, é o protocolo de lactato mínimo proposto por Tegtbur e colaboradores (1993). Inicialmente os indivíduos realizam series de 1 - 3 esforços de alta intensidade e curta duração, responsáveis por induzir a hiperlactacidemia severa. Após 8 min de repouso passivo, inicia-se protocolo incremental em intensidade subLAn, até a exaustão do indivíduo. Dessa forma, quando plotada as concentrações de lactato em função das intensidades do protocolo incremental, é possível identificar dois momentos distintos na curva, inicialmente a remoção do lactato sanguíneo, e em intensidades superiores ao LAn, o acúmulo do mesmo, sendo que a intensidade referente a menor concentração de lactato, ou o ponto mínimo da curva em formato de U, é assumido como o LAn (DOTAN et al., 2011; ARAÚJO et al., 2007).

Rotstein et al. (2007), administraram dose aguda de carboidrato em estudo duplo-cego com grupo placebo em corredores de longa distância e não verificaram influência na concentração de lactato mínimo, tão pouco na velocidade, frequência cardíaca, concentração de glicose e percepção subjetiva de esforço referente ao lactato mínimo, em ambos os grupos

(placebo e suplementado), confirmando a robustez do protocolo frente a alterações nutricionais.

Logo, o protocolo de lactato mínimo torna-se uma ferramenta viável para avaliação da capacidade aeróbia por ser robusto contra alterações nutricionais, proporcionar índices confiáveis, além de agregar a possibilidade da utilização de um protocolo de avaliação anaeróbia (i.e. Wingate ou RAST) como forma de indução a hiperlactacidemia (MOREL e ZAGATTO, 2008).

### 1.1.3. Protocolos de avaliação anaeróbia e o desempenho em *sprints*

A capacidade anaeróbia é definida como a máxima quantidade de energia disponibilizada pelas vias metabólicas anaeróbias durante exercício intenso (GASTIN, 1994), e está diretamente relacionada com a *performance* em *sprints* (SPENCER e GASTIN, 2001; DUFFIELD et al., 2004). Apesar das divergências e críticas, o protocolo de avaliação mais aceito na literatura é o Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD) (NOORDHOF et al., 2010).

O MAOD é calculado a partir da diferença entre a demanda energética teórica extrapolada da relação linear entre o consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ) em intensidades submáximas (aproximadamente dez cargas submáximas), do  $\text{VO}_2$  acumulado em esforço supramáximo até a exaustão (~110-130% do  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) (GORDON et al., 2010; NOORDHOF et al., 2010; BERTUZZI et al., 2010; MEDBO et al., 1988).

Apesar da ausência de um protocolo considerado padrão ouro para avaliação da capacidade anaeróbia, o MAOD tem grande aceitação na literatura, pois parece ser uma metodologia válida uma vez que mostrou associação com outros protocolos de avaliação da aptidão anaeróbia como o *Wingate* (CALBET et al., 1997; SCOTT et al., 1991) o teste corrida anaeróbia máxima (MART) (MAXWELL e NIMMO, 1996) e a curvatura constante determinada pelo modelo de potência crítica (HILL e SMITH, 1993, 1994). Também foram encontradas correlações significativas entre MAOD e o desempenho em *sprints* de diferentes distâncias (SPENCER e GASTIN, 2001).

Além disso, o MAOD foi sensível frente ao treinamento de alta intensidade (TABATA et al., 1996; MEDBO e BURGERS, 1990), eficaz em classificar indivíduos com diferentes níveis de aptidão anaeróbia (MEDBO e BURGERS, 1990; GASTIN e LAWSON, 1994) e não sofreu alterações quando mensurado em condição de hipóxia (MEDBO et al., 1988).

Contudo as divergências ocorrem devido a estudos que utilizaram o MAOD na tentativa de validação de outros métodos de avaliação da aptidão anaeróbia, e contrariamente aos estudos citados anteriormente, não verificaram correlações entre MAOD e Wingate (MINAHAN et al., 2007), MAOD e MART (ZAGATTO et al., 2011) e MAOD e o *Running Anerobic Sprint Test* (RAST) (KAMINAGAKURA et al., 2012). Ainda, aparentemente não há correlações significativas entre o MAOD e o percentual de fibras do tipo II, responsáveis pela maior parte da produção de energia anaeróbia (BANGSBO et al., 1993; GASTIN et al., 1994).

Apesar da aceitação do MAOD como meio de avaliação da capacidade anaeróbia, as diversas sessões necessárias para sua aplicação, tornam-se um complicador do uso desse protocolo em rotinas de treino e até mesmo em desenhos experimentais. Dessa forma, Bertuzzi e colabores (2010), baseados nos achados de Margaria et al. 1933 e DiPrampiero e Ferretti (1999), propuseram uma forma reduzida de estimar a capacidade aeróbia (MAOD<sub>RED</sub>).

O MAOD<sub>RED</sub> consiste em somar a contribuição energética advinda dos metabolismos anaeróbios alático e láctico durante um único esforço exaustivo de carga constante. Metodologicamente, esse protocolo baseia-se nos estudos clássicos anteriormente citados que identificaram a característica da cinética do VO<sub>2</sub> ao final de um esforço (EPOC) assumindo a fase rápida do EPOC como débito de O<sub>2</sub> correspondente a contribuição alática (MARGARIA et al., 1933), e determinaram que a constante de produção de energia láctica relativa ao peso corporal, na qual cada 1 mmol.L<sup>-1</sup> do delta entre a concentração final e inicial de lactato sanguíneo equivale a 3 ml.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (DiPRAMPERO e FERRETTI, 1999).

Essa metodologia de mensuração da capacidade anaeróbia se assemelha a utilizada em diversos estudos que mensuraram a contribuição dos sistemas energéticos durante o exercício (BENEKE et al., 2002; BERTUZZI et al., 2010; ZAGATTO et al., 2011; ZAGATTO e GOBATTO et al., 2012). Ainda, não foram notadas diferenças significativas entre o MAOD convencional e o MAOD<sub>RED</sub> (BERTUZZI et al., 2010), assim como o MAOD<sub>RED</sub> determinado a partir de diferentes intensidades de exercícios (95-130% VO<sub>2</sub>max) (ZAGATTO e GOBATTO, 2012), demonstrando que a contribuição anaeróbia atinge valores máximo durante esforços exaustivos independente da intensidade e o tempo para exaustão.

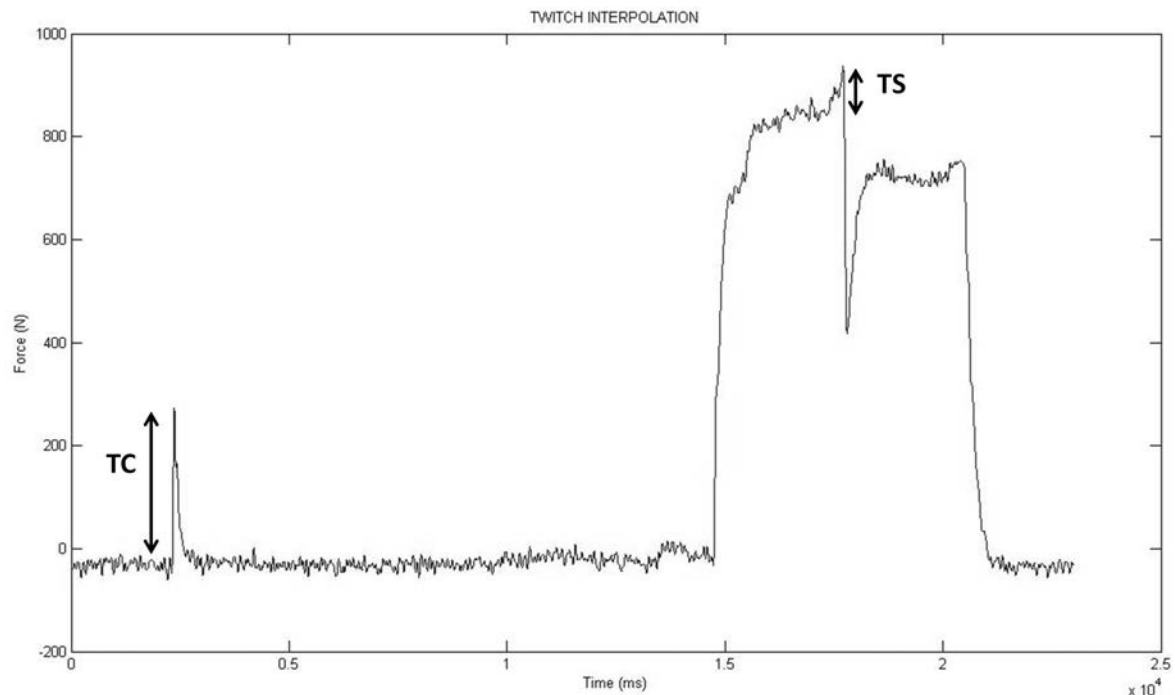
Logo, a presente metodologia se torna uma possibilidade viável, tanto de mensuração da capacidade anaeróbia, quanto da participação absoluta e percentual dos metabolismos energéticos durante diferentes esforços.

#### 1.1.4. Protocolos de avaliação da fadiga central e periférica

A fadiga muscular induzida pelo exercício pode ser definida como a redução da capacidade de produção de força máxima não somente devido a fatores periféricos, mas também em função da incapacidade do sistema nervoso central em manter o *drive* motor (GANDEVIA, 2001).

Diversos testes detectam o momento da falha, ou incapacidade de manutenção da intensidade da tarefa proposta, tais como contrações voluntárias máximas, a velocidade do ciclo alongamento-encurtamento e até mesmo a potência gerada. Durante o exercício, a possibilidade de sustentação da força inicial aplicada é multifatorial e depende da capacidade de manutenção da homeostase do músculo ativo e essencialmente da eficiência dos motoneurônios em entregar os estímulos neurais na fenda neuromuscular (i.e. fadiga periférica), soma-se também a incapacidade do *drive* motor em manter voluntariamente o nível ótimo das taxas de disparos dos estímulos neurais (i.e. fadiga central) tanto em nível cortical (córtex motor – fadiga supraespinal) quanto em nível espinal, gerando a falha durante a tarefa (GANDEVIA, 2001).

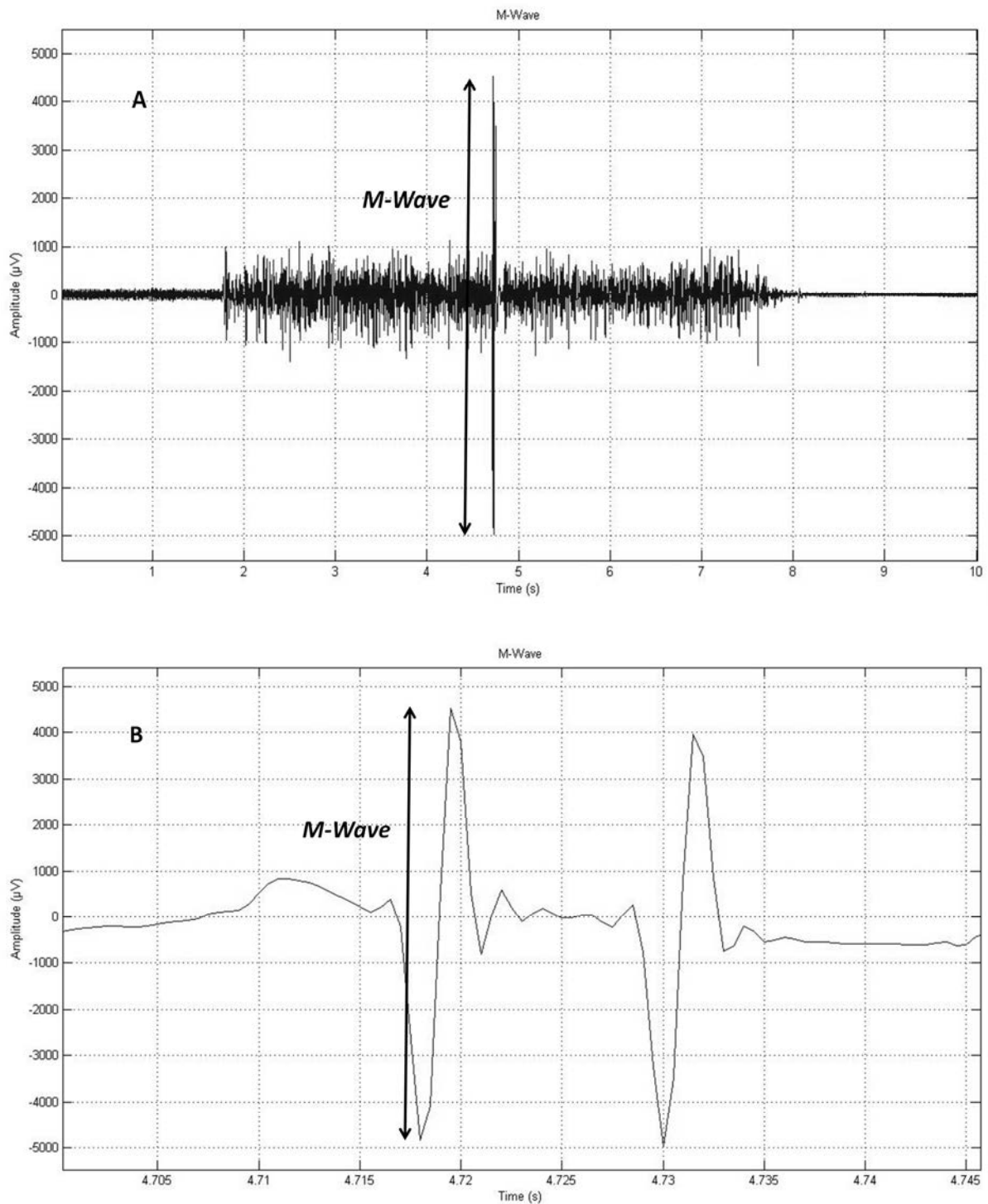
Existem evidências de que condições voluntárias de emprego da força máxima são na verdade condições submáximas de esforço, ou seja, não atingem a real capacidade de produção de força, isso devido a uma “reserva” teórica existente e acessada somente em circunstâncias especiais (GANDEVIA, 2001). Uma das maneiras mais recorrentes de investigação da capacidade de ativação voluntária é a utilização da técnica denominada *Twitch Interpolation*, que consiste em estimular eletricamente em níveis supramáximos o nervo motor de determinado grupamento muscular, monitorando a amplitude da força evocada pelo estímulo elétrico, tanto durante condição relaxada (*Twitch Control* – TC) quanto superimpondo uma contração voluntária máxima (CVM) (*Twitch Superimposed* – TS) (MERTON, 1954) (Figura 1.1).



**Figura 1.1.** Imagem da aplicação da técnica *Twitch Interpolation*. TC – Amplitude da *Twitch Control*; TS – Amplitude da *Twitch Superimposed*.

Além do monitoramento da força gerada pelo estímulo elétrico, outro viés de análise se dá por meio da eletromiografia de superfície (EMG). Em condições de estimulação submáxima o estímulo elétrico viaja pelas fibras aferentes Ia, em função de seu maior diâmetro se comparado ao *pool* de motoneurônios- $\alpha$ , diretamente para a espinha, gerando nesse nível uma resposta pós-sináptica e provocando o desencadeamento de potenciais de ação que percorrem os motoneurônios- $\alpha$  em uma resposta eferente direto no músculo denominada Reflexo-H (AAGAARD et al., 2002). Essa técnica é comumente usada para o monitoramento da capacidade de transmissão do impulso neural pelo *pool* de motoneurônios- $\alpha$  (PERREY et al., 2010; RACINAIS et al., 2007).

À medida que a intensidade dos estímulos aumentam, até mesmo os axônios mais finos do *pool* de motoneurônios- $\alpha$  são excitados, gerando tanto uma resposta eferente no músculo (*M-Wave*), quanto a propagação antidrômica desse estímulo, o qual também viaja pelos axônios dos motoneurônios- $\alpha$  no sentido da espinha, e chocam-se com a resposta pós-sináptica gerada na mesma, anulando gradualmente o Reflexo-H. Quando esse fenômeno ocorre em intensidades supramáximas de estimulação elétrica, ocorre a Mmax, que trata-se da máxima manifestação da *M-Wave* e significa a máxima capacidade de excitação (potencial de ação) do músculo monitorado (AAGAARD et al., 2001) (Figura 1.2).



**Figura 1.2. A:** Sinal eletromiográfico durante estimulação com pulso duplo; **B:** Ampliação gráfica demonstrando a amplitude da *M-Wave*.

Dessa forma, basicamente a técnica de *Twitch Interpolation* consiste em aplicar estímulos elétricos sob o ponto de maior sensibilidade do nervo motor do grupamento muscular a ser investigado, até a determinação de uma intensidade em que o estímulo elétrico não seja capaz de gerar aumento da força evocada no músculo relaxado, torne-se possível a

identificação do platô da *M-Wave* ou até o limite de desconforto do avaliado em tolerar o estímulo elétrico, e então superimpor essa intensidade entre 100 a 150 %, para ser aplicada tanto no músculo relaxado, quanto durante o platô da força desenvolvida durante uma CVM (PERREY et al., 2010; GIRARD et al., 2013).

Comumente o nível percentual de ativação voluntária é calculado a partir da fórmula: Ativação Voluntária (%AV) =  $(1 - (TS / TC) \times 100)$  (GANDEVIA, 2001). Entretanto o %AV também pode ser estimado a partir da proposta de Allen et al. (1995), utilizada por Strojnik e Komi (1998) e Neyrod et al. (2013) a qual corrige casos em que o estímulo elétrico foi aplicado ligeiramente antes ou depois do platô do pico de força: %AV =  $(1 - (TS \times (\text{nível de força no momento da estimulação} / F_{\text{pico}}) / TC)) \times 100$ .

Quando avaliado pré e pós uma condição fatigante, as alterações provenientes dessas medidas geram um *feedback* quanto ao percentual de ativação central (i.e. decréscimo de 3 % no %AV após série de *sprints* repetidos) (GIRARD et al., 2013).

A amplitude do sinal de força adicional gerado durante a TS é associado com padrões de fadiga central (BEHM et al., 1996; KOOISTRA et al., 2007) enquanto que a diminuição da TC é uma evidência de fadiga periférica (MERTON, 1954; GANDEVIA, 2001; PLACE et al., 2010; MILLET et al., 2011). Além disso, a diminuição da razão RMS/*M-Wave*, é associada a falha da capacidade de transmissão do impulso neural no nível da fenda sináptica neuromuscular (diminuição do RMS), além da perda de amplitude do potencial de ação evocado (diminuição da *M-Wave*), significando instauração da fadiga periférica (GIRARD et al., 2013, PERREY et al., 2010; RACINAIS et al., 2007).

Apesar das possibilidades de análises e ferramentas fornecidas a partir da utilização da técnica de *Twitch Interpolation*, ainda não há um consenso na literatura sobre em que nível exercícios fatigante podem perturbar, em nível neuromuscular, a manutenção da tarefa (i.e. *sprints* repetidos). Racinais e colaboradores (2007) encontraram diminuição tanto do percentual de ativação voluntária (fadiga central), quanto na razão RMS/*M-Wave* (fadiga periférica) após uma série de dez *sprints* em cicloergômetro de 6 s em intensidades de “*all out*” com 30 s de intervalo.

Contrariamente, Girard et al. (2013) não encontraram alterações significativas dos padrões citados anteriormente após dez *sprints* em cicloergômetro de 6 s em intensidades de “*all out*” com 30 s de intervalo, seguidos de 6 min de intervalo e mais cinco *sprints* de 6 s com 30 s de intervalo. Entretanto os autores verificaram queda significativa da TC (>40%) indicando que a queda de *performance* durante os *sprints* sofreu forte influência da fadiga periférica.

Em função do desacordo da literatura específica e até mesmo ao baixo número de estudos que verificaram a composição da fadiga (central, periférica ou ambos) durante esforços intermitentes de alta intensidade, mais estudos que se utilizem de técnicas padronizadas de *Twitch Interpolation* se fazem necessário visando o entendimento dos fatores neuromusculares e fisiológicos que envolvem esse tipo de tarefa.

### **1.1.5. Padrões de deslocamento e o desempenho do chute**

Os movimentos realizados durante uma partida de futsal, bem como a quantificação dos padrões de deslocamento, são objetos recorrentes de pesquisas que visam compreender e esclarecer os movimentos realizados nesse esporte (BARBIERI et al., 2010). Tais resultados são diretamente relacionados com o desempenho esportivo e colaboram sensivelmente com modelos de treinamento cada vez mais específicos e eficazes, que levam em consideração as atividades do atleta durante a competição (BANGSBO et al., 2006).

Quando avaliada as médias das distâncias totais percorridas por jogadores de futsal durante uma partida, alguns estudos demonstram valores que variam numa faixa de 4,313Km a 6,535Km (MOLINA, 1992; SOARES e TOURINHO FILHO, 2006; BARBERO-ALVAREZ et al., 2008; AVELAR et al., 2008; CASTAGNA et al., 2009), sendo que de 7-10% do total das distâncias percorridas são executadas em alta velocidade (acima de 18km.h<sup>-1</sup>), muito em função da característica de sustentação de *sprints* repetidos exigida durante a prática dessa modalidade (CASTAGNA et al., 2009 ; PSSOTA et al., 2010).

Contudo, para Rodrigues, (2008) não existe um acordo a respeito da distância total percorrida por jogadores durante uma partida de futsal, pois essa variável depende do tempo de permanência em quadra, além de que, as diferentes metodologias utilizadas nos trabalhos que avaliaram os padrões de deslocamento, contribuem para a falta de consenso sobre esse tema, uma vez que há registros da utilização de diferentes métodos de mensuração, partindo desde a técnica da triangulação de medidas (MOLINA, 1992), protocolos de medidas fixas (SOARES e TOURINHO FILHO, 2006) até rastreamento manual (FONSECA et al., 2012; BARBERO-ALVAREZ et al., 2008; TRAVASSOS et al., 2011).

Nesse sentido, em relação à análise das distâncias percorridas, importantes considerações devem ser feitas em relação aos diferentes métodos de captura, tratamento e análise utilizados. Soares e Tourinho Filho (2006) analisaram os padrões de deslocamento de uma equipe de futsal, por meio das imagens de oito jogos gravados por uma única câmera posicionada de forma a captar todas as delimitações da quadra de jogo e jogadores, baseando

as mensurações num protocolo de medidas fixas para as passadas do andar, trotar, correr, deslocamento lateral e deslocamento para trás. Entretanto os próprios autores sugerem que o protocolo apresenta limitações e que outras metodologias devem ser utilizadas para uma análise mais precisa.

Barros et al. (2007), utilizaram o rastreamento automático (Dvideo<sup>®</sup>, Campinas, Brasil) e verificaram queda da distância total percorrida pelos jogadores comparando o primeiro e o segundo tempo de jogo no futebol. Esse método de análise agrega boa aplicabilidade, sendo que 95% do rastreamento dos jogadores foi realizado de forma automática, e que ao compararem diversos métodos já utilizados no futebol (BANGSBO et al., 1991 ; MOHR et al., 2003), o Dvideo<sup>®</sup> apresentou-se como uma boa alternativa em função de sua confiabilidade, validade e reprodutibilidade (as incertezas com relação a utilização do método ficam em torno de 1%), apesar dos autores afirmarem que ainda exige um maior desenvolvimento.

Além disso, a grande vantagem da utilização desse método é que o rastreamento dos jogadores pode ser feito, em grande parte, de forma automática, possibilitando a eliminação do componente subjetivo na avaliação dos padrões de deslocamento dos mesmos, visto que o uso de diferentes metodologias que empregam o rastreamento manual ou que se baseiam em observação visual e análises subjetivas pode representar uma limitação do estudo, além de restringir a possibilidade da confrontação dos resultados com demais trabalhos semelhantes.

Para ilustrar de forma clara a importância da análise dos padrões de deslocamento, Moura et al. (2011) verificaram aumento das distâncias entre os jogadores da mesma equipe durante posicionamento de defesa quando comparados primeiro e segundo tempos de jogo, proporcionando espaços para os ataques adversário e assim maior número de chutes sofridos. Ainda Barbero-Alvarez et al. (2008), observaram aumento das distâncias percorridas andando e parado, sendo possível extrapolar associação entre as duas situações (aumento da distância entre jogadores de defesa e chutes sofridos X aumento da distância percorrida andando e parado).

Russel et al. (2011) avaliaram 15 atletas jovens quanto ao efeito de um jogo simulado sobre o desempenho do chute no futebol, e evidenciaram que durante o segundo tempo de jogo existe um decréscimo no desempenho demonstrado pelo aumento do desvio da bola em relação ao alvo pré estabelecido, além da diminuição da velocidade da bola durante a tarefa de chutar, indicando que o desempenho pode sofrer alterações quando aplicadas situações de jogo mais próximas das condições reais de competição.

Em concordância, Ali e colaboradores (2007) verificaram que existe diferença no desempenho do chute de finalização entre jogadores de futebol que ingeriram bebidas contendo carboidratos e eletrólitos se comparado ao grupo placebo, avaliados por meio de um teste de chute validado para o futebol (“LSST” *Loughborough Soccer Shooting Test*) executado antes e após um protocolo que simula as condições de jogo (“LIST” *Loughborough Intermittent Shuttle Test*). Os dados obtidos demonstraram que o grupo placebo obteve menor pontuação no LSST, comparando pré e pós LIST, indicando que em situações de fadiga em função da execução de corridas de moderada (55% do  $\text{VO}_2\text{max}$ ) e alta velocidade (*sprints*), há diminuição do desempenho do chute de finalização no futebol.

Guerreiro e colaboradores (2002) sugerem que equipes menos desgastadas fisicamente possuem melhores condições para que a técnica de execução dos fundamentos seja feita de maneira eficaz e isso conduziria a uma maior incidência de gols em uma partida. Ainda Barbieri et al. (2010) verificaram correlações significativas entre a velocidade de contato do pé e a velocidade atingida pela bola durante chute de finalização, entretanto ao analisar cinematicamente o movimento, constataram que ajustes finos devem ser realizados durante a execução da tarefa, os quais podem ser prejudicados em condição de fadiga.

Apesar dos estudos serem contundentes em verificar possíveis relações entre os deslocamentos em alta intensidade durante jogos com a diminuição do desempenho dos chutes, Magalhães Júnior, (2003) mostrou que mesmo após corridas em velocidades progressivas não houve alteração nos padrões de coordenação (cinemáticos) dos chutes, de praticantes e não praticantes de futebol, assim como Currel et al. (2009) demonstraram que a acurácia de chutes de finalização foi mantida durante jogo simulado de futebol.

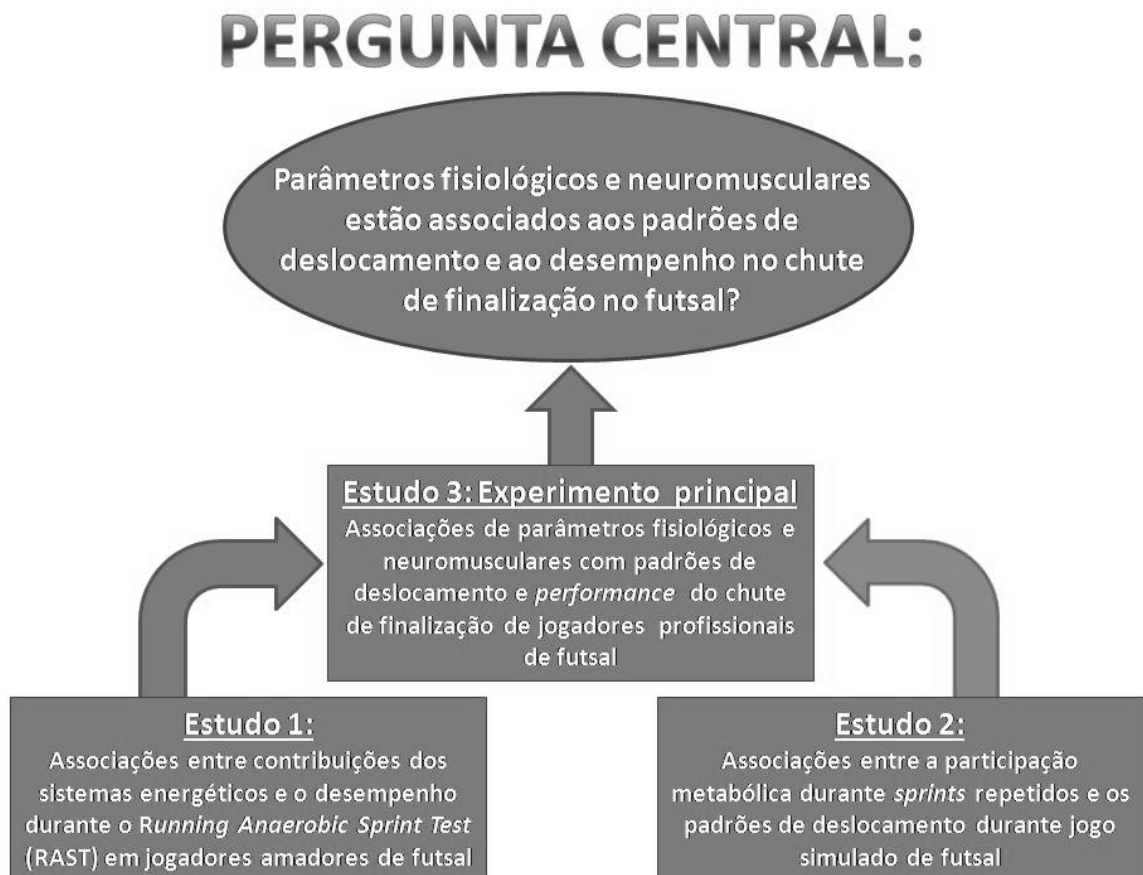
Os estudos anteriormente citados exemplificam as diversas metodologias aplicadas na tentativa de quantificar a influência das demandas do jogo no desempenho do chute de finalização, seja no futebol ou no futsal, entretanto é discutível se protocolo de testes tais como os propostos por Ali et al. (2007) e Magalhães Júnior, (2003) realmente reproduzem a demanda de um jogo real, quando até mesmo simulações de jogos propriamente ditas são questionáveis, em especial no futsal. Além disso, deve-se ater especial atenção à métodos que proponham análises cada vez mais precisas, como filmagens e reconstrução em três dimensões, colaborando com a diminuição do componente subjetivo intrínseco de protocolos de avaliação do desempenho de chutes de finalização e garantindo a possibilidade de reprodução e comparação dos dados obtidos.

Dessa forma, faz-se necessário mais estudos visando verificar possíveis associações entre os padrões de deslocamento e ações exaustivas praticadas durante uma partida de futsal

(i.e. número de *sprints*) com a possível queda de desempenho do chute de finalização visando entender de que forma é possível gerar estratégias para que essas condições sejam amenizadas durante treinamentos e jogos.

### 1.1.6. Abordagem experimental do problema

O presente projeto de pesquisa teve como objetivo principal verificar possíveis associações entre parâmetros fisiológicos e neuromusculares com a *performance* dos deslocamentos e chutes de finalização durante jogo simulado de futsal. Para tanto foi necessário a realização de dois estudos prévios, para verificação da viabilidade dos procedimentos e técnicas adotadas. Esses estudos geraram os artigos 1 e 2 e forneceram a “base” para definição da dinâmica das coletas e procedimentos adotados durante o experimento principal (artigo 3), necessário para responder a pergunta central do presente projeto de pesquisa (Figura 4.1).



**Figura 1.3.** Considerações prévias acerca da organização dos estudos necessários para responder a pergunta central.

Ainda, no presente documento, serão apresentados resumos, introduções, metodologias, resultados e discussões de cada estudo separadamente, de acordo com a estruturação dos mesmos, para então serem realizadas as considerações finais da presente dissertação abrangendo todos os resultados obtidos.

Dessa forma, os trabalhos que compõem a presente dissertação se intitulam:

- **Estudo 1:** ASSOCIAÇÕES ENTRE CONTRIBUIÇÕES DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS E O DESEMPENHO DURANTE O *RUNNING ANAEROBIC SPRINT TEST* (RAST) EM JOGADORES AMADORES DE FUTSAL;
- **Estudo 2:** ASSOCIAÇÕES ENTRE A PARTICIPAÇÃO METABÓLICA DURANTE *SPRINTS* REPETIDOS E OS PADRÕES DE DESLOCAMENTO DURANTE JOGO SIMULADO DE FUTSAL;
- **Estudo 3:** ASSOCIAÇÕES DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES COM PADRÕES DE DESLOCAMENTO E *PERFORMANCE* DO CHUTE DE FINALIZAÇÃO DE JOGADORES PROFISSIONAIS DE FUTSAL.

## 1.2. Objetivo

Investigar as possíveis associações entre parâmetros fisiológicos e neuromusculares com padrão de deslocamento e *performance* do chute de finalização durante simulação do jogo de futsal.

### 1.2.1. Objetivos específicos

- Verificar as possíveis influências das alterações do comportamento da frequência cardíaca e da cinética de lactato nos padrões de deslocamento, desempenho dos chutes de finalização e processo de fadiga neuromuscular durante simulação de jogo de futsal;

- Determinar a participação energética de cada via metabólica durante protocolo de avaliação anaeróbia (RAST), e verificar possíveis associações entre a contribuição das vias energéticas e os padrões de deslocamento durante simulação de jogo de futsal;
- Investigar as possíveis associações entre o processo de fadiga neuromuscular (central, periférico ou ambos) com o padrão de deslocamento no futsal;
- Verificar alterações de *performance* do chute de finalização (velocidade da bola e acurácia do chute) antes, durante e após simulação do jogo de futsal e suas possíveis associações com parâmetros fisiológicos e neuromusculares.

## **CAPÍTULO 2**

### **Estudo 1:**

**Associações entre contribuições dos sistemas energéticos e o desempenho durante o *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST) em jogadores amadores de futsal**

## 2.1. Resumo

O presente estudo teve como objetivo verificar a contribuição dos sistemas aeróbio e anaeróbio durante o *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST). Dez jogadores de futsal (idade:  $22,70 \pm 4,3$  anos,  $VO_{2max}$ :  $47,22 \pm 5,87$  ml.kg.min<sup>-1</sup>) foram submetidos ao RAST e após 8 min de recuperação passiva, realizaram um protocolo incremental em esteira motorizada. O  $VO_2$  foi medido respiração-a-respiração, incluindo a linha de base e o excesso de consumo de oxigênio ao final do exercício (EPOC). O lactato sanguíneo foi medido em repouso, durante a recuperação após RAST e no final de cada estágio do teste incremental. Durante o RAST, as contribuições percentuais foram  $35,50 \pm 3,69$ ,  $32,97 \pm 6,75$  e  $31,53 \pm 5,47\%$  dos sistemas aeróbio, anaeróbio láctico e anaeróbio alático, respectivamente, considerando as contribuições tanto durante os *sprints* quanto durante os intervalos de descanso; e  $18,81 \pm 2,59$ ,  $41,42 \pm 7,64$  e  $39,78 \pm 7,11\%$  dos sistemas aeróbio, anaeróbio láctico e anaeróbio alático, respectivamente, quando considerados apenas os *sprints*, desconsiderando o tempo de recuperação. Verificou-se um aumento da contribuição aeróbia e uma diminuição da potência durante o RAST. Observou-se correlações significativas das variáveis do RAST com índices aeróbios e a contribuição metabólica do sistema alático. Aparentemente, apesar do sistema anaeróbio alático determinar o desempenho de RAST, um sistema aeróbio bem desenvolvido está associado com a manutenção da potência durante o RAST.

**Palavras-chaves:** Consumo de oxigênio, Lactato sanguíneo, Sistemas energéticos, Habilidade de *sprints* repetidos.

## 2.2. Introdução

Esforços intermitentes de alta intensidade e a capacidade de sustentá-los repetidas vezes com períodos proporcionalmente curtos de recuperação são condições básicas para prática esportiva em alto rendimento de diversas modalidades, em especial modalidades coletivas como o futebol e o futsal (CHAOUACHI et al., 2010, CASTAGNA et al., 2010).

Em função desse cenário, essa habilidade tornou-se objeto comum de pesquisas que buscam entender as relações existentes entre as vias metabólicas de fornecimento de energia e o desempenho ótimo durante *sprints* repetidos. Para tanto, normalmente essas interações são investigadas por meio de protocolos intermitentes que tem como objetivo avaliar a aptidão anaeróbia como o *Maximum Anaerobic Running Test* (MART) (RUSKO et al., 1993; RUSKO

e NUMMELA, 1996; ZAGATTO et al., 2011) e o *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST) (ZACHAROGLIANNIS et al., 2004; BALCIUNAS et al., 2006., ZAGATTO et al., 2009; CIPRYAN e GADJA, 2011; KALVA-FILHO et al., 2013). Este último, tem sido frequentemente utilizado devido a sua simplicidade e fácil aplicação para avaliação da aptidão anaeróbia de esportes como o basquete (BALCIUNAS et al., 2006), handebol (ROSEGUINI et al., 2008) e futebol (ALIZADEH et al., 2010).

Apesar de ser consenso na literatura que a melhora do sistema oxidativo significa o aumento da intensidade média dos *sprints*, maior eficiência na realização de gestos técnicos esportivos e no caso específico do futebol maior número de ações com bola (HELGERUD et al., 2001, BISHOP et al., 2004), a característica das vias anaeróbias (lática e alática), fazem com que comumente sejam associadas como responsáveis exclusivas pela *performance* de *sprints* repetidos. Entretanto, estudos recentes defendem que o desempenho durante *sprints* repetidos é aparentemente uma condição multifatorial, diretamente dependente da interação positiva entre os metabolismos, aeróbio e anaeróbios alático e lático, no que diz respeito à manutenção de condições metabólicas e neuromusculares ótimas para sustentação prolongada e com menor queda de desempenho durante esse tipo de atividade (UFLAND et al., 2013; FAISS et al., 2013).

Kalva-Filho e colaboradores (2013) verificaram fortes correlações ( $> 0,70$ ) entre a intensidade referente ao  $VO_{2max}$  ( $iVO_{2max}$ ) e variáveis de desempenho provenientes do RAST, assumindo a possibilidade da  $iVO_{2max}$  ser uma variável aeróbia determinante de desempenho em especial para esforços com um número reduzido de repetições e curtos espaços de recuperação. Entretanto Bishop et al. (2004) relacionam a aptidão aeróbia mais com a capacidade de recuperação para esforço subsequente e menos com a predição de desempenho, visto que variáveis aeróbias estão diretamente ligadas à capacidade do sistema de tamponamento em suprimir a ação dos íons de  $H^+$ , e não em determinar um desempenho ótimo de fato em esforços intermitentes de alta intensidade.

Ainda em relação à real contribuição das vias metabólicas na composição da demanda energética de esforços intermitentes de alta intensidade, Zagatto et al. (2011) verificaram durante o MART uma contribuição média de 65,4 % do metabolismo aeróbio quando assumido todo o período de teste (esforço + repouso), enquanto os metabolismos anaeróbio alático e lático contribuíram com 29,5 e 5,1 %, respectivamente. A participação das vias anaeróbia aumentou consideravelmente, quando analisados apenas os momentos de esforços (62,6 % do alático e 10,9 % do lático), levando os autores a concluírem que apesar da grande

participação da via oxidativa, é o metabolismo anaeróbio alático que determina de fato o rendimento em *sprints* repetidos.

As elevadas concentrações de lactato observadas após o RAST (ROSEGUINI et al., 2008; ZAGATTO et al., 2009; ALIZADEH et al., 2010), somadas ao curto intervalo de recuperação proposto (10 s) evidenciam, respectivamente, a intensa atividade da via glicolítica e a limitada recuperação dos estoques de fosfocreatina (PCr) para o esforço subsequente, sugerindo papel determinante do metabolismo anaeróbio láctico no desempenho durante o RAST. Entretanto não há estudos que verificaram a interação das vias energéticas durante sequências de esforços em intensidade de *all out* com curtos intervalos de recuperação (<20 s), característica de diversos esportes intermitentes.

Desse modo o objetivo do presente estudo foi investigar a interação dos metabolismos aeróbio e anaeróbio (alático e láctico) durante a realização de uma série de *sprints* repetidos com intervalos proporcionalmente curtos de recuperação (RAST). Espera-se que à medida que sejam realizados os *sprints* do RAST a participação aeróbia aumente significativamente caracterizando o alto aporte energético advindo do metabolismo oxidativo durante esse tipo de tarefa. Ainda, hipotetizamos encontrar interações significativas entre o desempenho durante o RAST tanto com os índices fisiológicos provenientes do protocolo de lactato mínimo, quanto com as contribuições absolutas e percentuais de cada via energética.

## **2.3. Materiais e métodos**

### **2.3.1. Sujeitos**

Dez jogadores universitários de futsal (idade:  $22,70 \pm 4,3$  anos; peso:  $74,95 \pm 7,55$  kg; estatura:  $176,90 \pm 5,4$  cm,  $VO_2\text{max}$ :  $47,22 \pm 5,87$  ml.kg.min<sup>-1</sup>), sem histórico de lesões músculo-esqueléticas crônicas, com no mínimo três anos de prática competitiva e frequência de 3 a 4 sessões de treinamentos semanais, participaram voluntariamente do estudo. Todos os procedimentos foram conduzidos de acordo com os termos do Comitê de Ética em pesquisa (Protocolo nº 5069 de 18/07/2012).

### **2.3.2. Procedimentos experimentais**

O protocolo foi realizado em um dia. Inicialmente foi aferida a composição corporal por meio do DEXA *scan*, e previamente ao início dos testes, os participantes foram mantidos

em posição sentada, durante 5 min, para determinação da linha de base da concentração de lactato sanguíneo e do consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ).

Em seguida os participantes realizaram aquecimento de 5 min compostos por exercício de diferentes intensidades, alongamentos dinâmicos e corridas de curta duração e alta intensidade. Ao final do aquecimento, os participantes realizaram seis esforços máximos de 35 m separados por dez segundos de intervalo passivo. Após 8 min de repouso passivo os jogadores iniciaram um teste incremental em esteira ergométrica, com velocidade inicial de 8  $\text{km.h}^{-1}$  e incremento de 1  $\text{km.h}^{-1}$  a cada 2 min até a exaustão voluntária ou incapacidade de manter a velocidade do estágio para determinação do limiar anaeróbio pelo método de lactato mínimo. Após o término do protocolo incremental os participantes permaneceram com a máscara do ergoespirômetro por mais 5 min para determinação da fase do excesso de consumo de oxigênio após o final do exercício (EPOC) para mensuração do componente rápido do consumo de oxigênio pós esforço.

### **2.3.3. Composição corporal**

Para a análise da composição corporal e da distribuição das massas magra, óssea e tecido adiposo, foi empregada a técnica da absorptiometria de raios-X de dupla energia (*Dual-energy x Ray absorptiometry* – DEXA Discovery - Hologic® - EUA). A dose de radiação que os participantes receberam foi menor do que 0,05 mrem, equivalente a uma exposição a 50 vezes menor que a de um exame de raio X.

O método estimou a composição corporal fracionando o corpo em três compartimentos anatômicos: massa livre de gordura, massa de gordura e conteúdo mineral ósseo. Os resultados foram expressos em gramas de massa magra, de gordura, de conteúdo mineral ósseo e percentual de gordura corporal (FREITAS JUNIOR et al., 2012).

### **2.3.4. Running anaerobic sprint test (RAST)**

O *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST) (ZACHAROGLIANNIS et al., 2004), consiste em seis corridas de 35 m em intensidade de *all out*, intercalados por períodos de 10 s de recuperação passiva.

O teste foi controlado por três avaliadores experientes sendo que dois deles posicionavam-se no início e no fim do percurso de 35 m, de modo que o tempo realizado em cada *sprint* fosse registrado. Um terceiro controlava os períodos de recuperação. Foram

obtidos os valores de potência de cada *sprint* ( $P$  (W)) por meio do registro do tempo realizado ( $t$  (s)), distância percorrida ( $d$  (m)) e massa corporal ( $mc$  (kg)) do participante ( $P = (mc / d^2) / t^3$ ).

Dessa forma foram obtidos os valores de potência pico ( $PP$  (W)) (a maior entre as seis  $P$ ), média das potências ( $PMed$  (W)) (soma das  $P$  realizadas dividido pelo número de *sprints*) e potência mínima ( $PMin$  (W)) (a menor entre as seis  $P$ ). As mesmas variáveis foram calculadas de forma relativa ao peso corporal ( $PPR$  ( $W.kg^{-1}$ ) =  $PP / mc$ ;  $PMedR$  ( $W.kg^{-1}$ ) =  $PMed / mc$ ;  $PMinR$  ( $W.kg^{-1}$ ) =  $PMin / mc$ ).

A taxa percentual de perda de desempenho do conjunto de *sprints* foi assumida como o índice de fadiga ( $IF$  (%)) ( $IF = (PP - PMin) \times 100 / PP$ ).

### 2.3.5. Protocolo de lactato mínimo

Com o intuito de agregar viabilidade ao protocolo e dessa forma possibilitar avaliações aeróbias e anaeróbias numa mesma sessão de testes, o RAST foi utilizado para induzir a hiperlactacidemia (ROSEGUINI et al., 2008) adaptando a proposta de Tegtbur et al. (1993) para determinação do limiar anaeróbio. Após a realização do RAST, foram observados 8 min de recuperação passiva, e então os participantes iniciavam protocolo incremental em esteira ergométrica com velocidade inicial de  $8 km.h^{-1}$ , incremento de  $1 km.h^{-1}$  a cada estágio de 2 min e 1 % de inclinação.

O desenho experimental do momento incremental do protocolo de lactato mínimo considerou os trabalhos de Midgley et al. (2008), que em artigo de revisão verificou que em indivíduos saudáveis a duração do teste para a determinação do  $VO_{2max}$  em esteira deve durar entre 5 a 26 min e Ribeiro et al. (2003), que verificaram que diferentes durações de estágio na natação não altera a intensidade relativa ao lactato mínimo.

Amostras sanguíneas (25  $\mu L$  do lóbulo da orelha) foram coletadas por tubos capilares heparinizados calibrados previamente ao início do protocolo, nos minutos 1, 3, 5 e 7 após o RAST e ao final de cada estágio da fase incremental subsequente, para posterior análise em lactímetro YSI 1500 SPORTS (YSI<sup>®</sup>, Ohio, USA) e determinação da concentração de lactato sanguíneo.

O limiar anaeróbio foi determinado na fase incremental do teste por meio de ajuste polinomial de segunda ordem, de modo que a derivada zero desse ajuste foi assumida como a intensidade relativa ao ponto de menor valor da curva de concentração de lactato X intensidade (TEGTBUR et al., 1993).

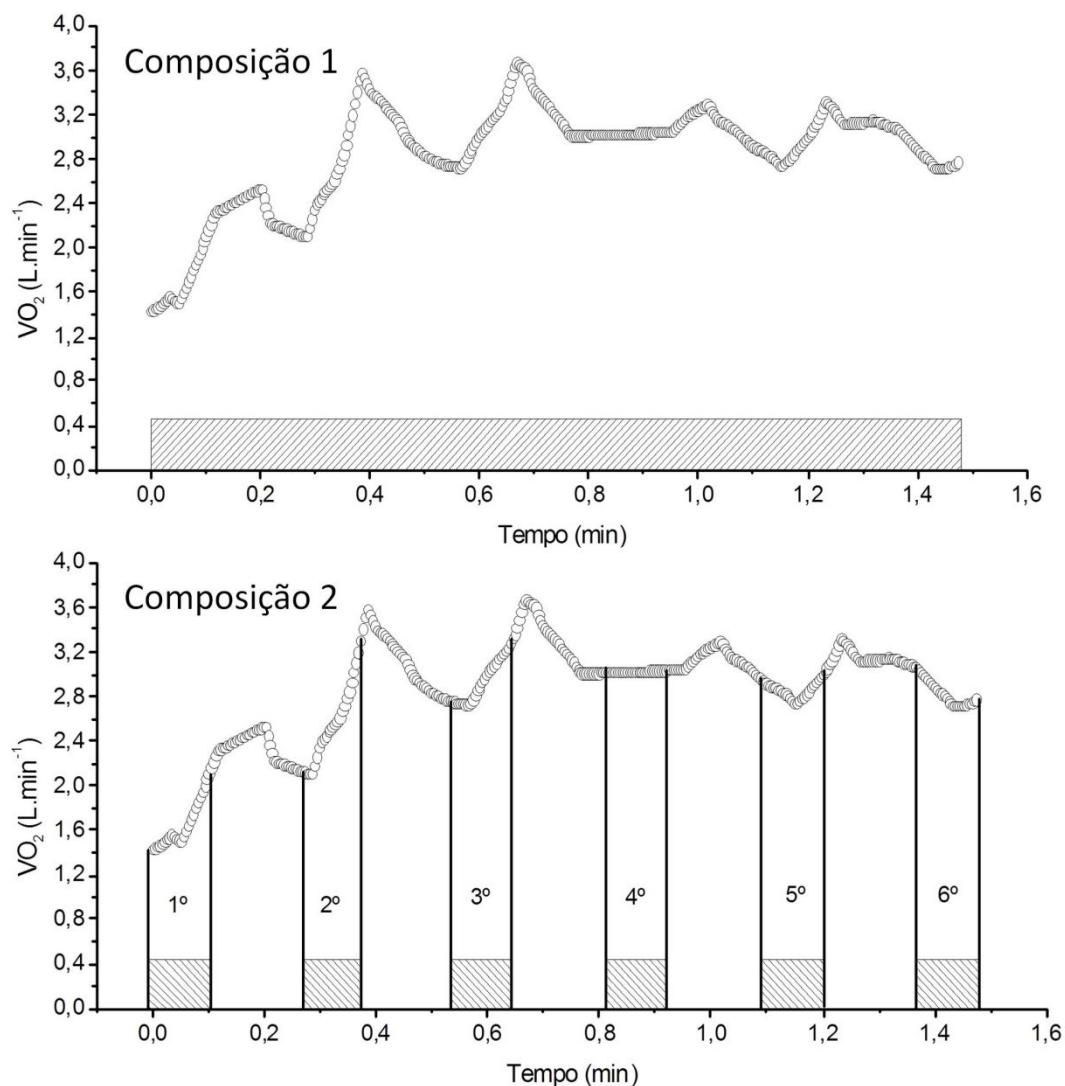
### 2.3.6. Mensuração das trocas gasosas

A ventilação,  $\text{VO}_2$  e produção de  $\text{CO}_2$  foram monitoradas durante todo o protocolo (RAST e lactato mínimo), respiração a respiração, utilizando ergoespirômetro por telemetria K4b<sup>2</sup> (Cosmed<sup>®</sup> - Itália). O equipamento era calibrado previamente a todos os testes com ar ambiente e uma alíquota de gás conhecido de acordo com as especificações do fabricante.

Os pontos obtidos foram plotados em função do tempo de teste e após a retirada dos *outliers*, os pontos foram interpolados de forma a contemplar um valor a cada 0,25 s (OriginPro 8.0 - OriginLab Corporation - Microcal<sup>®</sup>, USA). Para determinação do consumo máximo de oxigênio ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) durante a fase incremental dos testes, foi calculada a média dos pontos interpolados dos últimos 20 s de  $\text{VO}_2$  de cada estágio, e assumido o maior valor encontrado. O critério para a identificação da intensidade referente ao  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $i\text{VO}_{2\text{max}}$ ) foi adaptado de Gordon et al. (2010) e assumida como a menor velocidade de estágio na qual a variação do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  foi menor ou igual a 2  $\text{ml.kg.min}^{-1}$ . Após o final do protocolo, os participantes permaneceram com a máscara do ergoespirômetro durante 5 min para determinação da fase do excesso de consumo de oxigênio após o final do exercício (EPOC), a fim de medir o componente rápido do consumo de oxigênio.

### 2.3.7. Determinação da participação energética no RAST

A contribuição aeróbia foi determinada de duas maneiras. Subtraindo o valor médio do  $\text{VO}_2$  dos últimos 30 s da linha de base normalizado pelo tempo de esforço, do valor da integral do  $\text{VO}_2$  do teste todo (composição 1), e a partir da subtração do valor médio do  $\text{VO}_2$  dos últimos 30 s da linha de base normalizado pelo tempo de esforço, do valor da integral do  $\text{VO}_2$  de cada *sprint* (composição 2) (Figura 2.1).

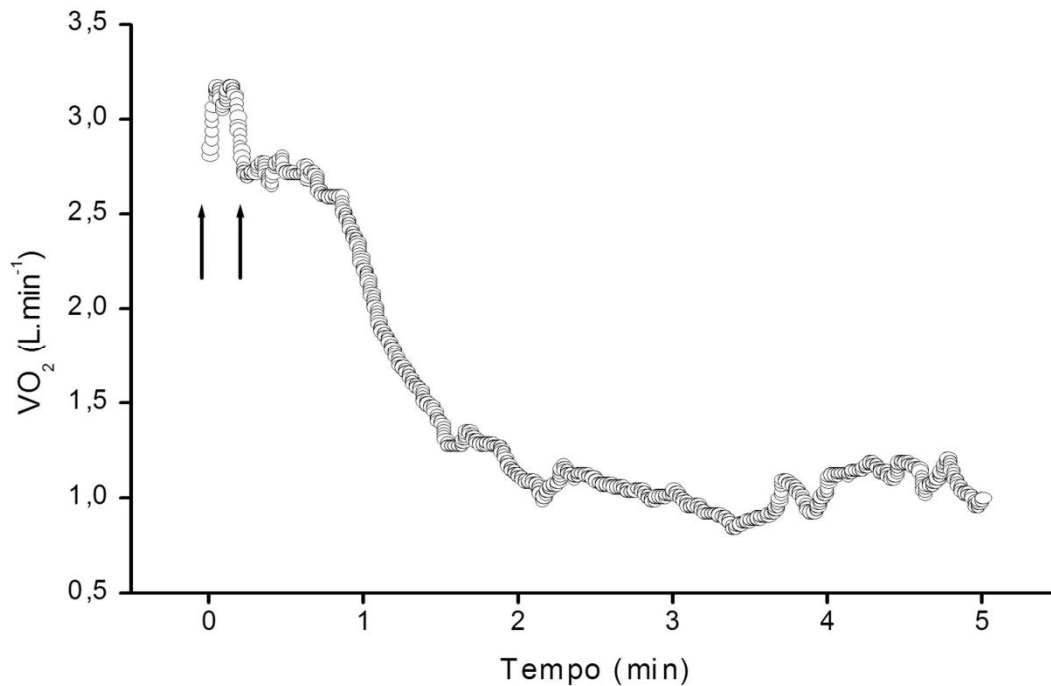


**Figura 2.1.** Comportamento típico do consumo de oxigênio durante o *running anaerobic sprint test* (RAST). **Composição 1:** Cálculo da contribuição aeróbia considerando todo o esforço durante o RAST. **Composição 2:** Cálculo da contribuição aeróbia considerando somente os *sprints*. As áreas hachuradas representam o consumo de oxigênio de linha de base descontado de cada composição.

A contribuição da via anaeróbia alática foi assumida como a fase rápida do EPOC e calculada a partir do ajuste bi-exponencial da curva e do produto entre a amplitude ( $A$ ) e a constante de decaimento da curva ( $\tau$ ) (BENEKE et al., 2002; BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; DE CAMPOS MELO et al., 2009; ZAGATTO et al., 2011).

Entretanto, ao final do RAST, notou-se um pequeno período de aumento no  $VO_2$  (em média  $12,2 \pm 2,9$  s) como comportamento comum a todos os participantes, aparentemente proveniente de um *delay* entre a demanda de  $VO_2$  requerida em um exercício de curta duração com intensidade de *all out* e os ajustes mecânicos respiratórios e fisiológicos necessários para suprir essa demanda. É consenso na literatura que o ajuste bi-exponencial é a melhor

interpretação do comportamento do EPOC (LÈGER et al., 1980) e como essa pequena fase de aumento feria o ajuste bi-exponencial necessário para o cálculo da contribuição alática, o mesmo foi excluído, de forma a contemplar condições matemáticas mais finas para determinar a participação alática durante o exercício (Figura 2.2).



**Figura 2.2.** Sujeito representativo do aumento inicial excluído durante a fase do excesso de consumo de O<sub>2</sub> após o final do exercício no RAST (EPOC). ↑: Demarcam o período excluído para atingir ajuste matemático fino do modelo bi-exponencial.

Já a contribuição do metabolismo láctico, foi mensurada assumindo que em exercício máximo cada 1 mmol.L<sup>-1</sup> de lactato provenientes da diferença entre a concentração final subtraída da concentração inicial do exercício ( $\Delta[\text{Lac}]$ ) equivalem a 3 ml.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> de massa corporal (DIPRAMPERO & FERRETTI, 1999; BENEKE et al; 2002; BENEKE et al; 2004; BERTUZZI et al., 2007; DE CAMPOS MELO et al., 2009; ZAGATTO et al., 2009).

## 2.4. Análise estatística

Inicialmente os dados foram confirmados como normais quanto à distribuição e homocedasticidade pelo teste de Shapiro-Wilk, permitindo assim o uso de testes estatísticos paramétricos para as análises subsequentes.

Para comparações dos valores de potência e contribuição do metabolismo aeróbio durante os *sprints* do RAST foi utilizada análise de variância ANOVA *one way*. Para as

possíveis associações entre os índices aeróbios (lactato mínimo), as variáveis estimadas no RAST e a contribuição energética de cada sistema metabólico foi utilizado o teste de correlação de Pearson. Os valores obtidos foram classificados como muito fraco (0,0 – 0,2), fraco (0,21 – 0,4), moderado (0,41 – 0,7), forte (0,71 – 0,9) e muito forte (0,91 – 1,0) (ROWNTREE et al., 1991). Em todos os casos o nível de significância foi pré-fixado para  $p < 0,05$ .

## 2.5. Resultados

As médias, desvios padrão e coeficientes de variação das variáveis provenientes do RAST e do lactato mínimo são apresentados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1.** Valores das variáveis provenientes do RAST (anaeróbias) e do lactato mínimo (aeróbias).

|                                                              | Média  | DP    | CV (%) |
|--------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|
| <i>Variáveis provenientes do protocolo de lactato mínimo</i> |        |       |        |
| <b>VO<sub>2</sub>max</b> (L.min <sup>-1</sup> )              | 3,51   | 0,43  | 12,33  |
| <b>VO<sub>2</sub>max</b> (mL.kg.min <sup>-1</sup> )          | 47,22  | 5,87  | 12,43  |
| <b>iVO<sub>2</sub>max</b> (km.h <sup>-1</sup> )              | 13,80  | 2,20  | 15,95  |
| <b>LM</b> (km.h <sup>-1</sup> )                              | 12,15  | 1,28  | 10,5   |
| <b>LM</b> (%VO <sub>2</sub> max)                             | 88,86  | 6,71  | 7,55   |
| <i>Variáveis provenientes do RAST</i>                        |        |       |        |
| <b>PP</b> (W)                                                | 452,72 | 58,85 | 13,00  |
| <b>PPR</b> (W.kg <sup>-1</sup> )                             | 6,10   | 0,97  | 15,85  |
| <b>PMed</b> (W)                                              | 338,72 | 28,26 | 8,34   |
| <b>PMedR</b> (W.kg <sup>-1</sup> )                           | 4,57   | 0,62  | 13,62  |
| <b>PMin</b> (W)                                              | 248,42 | 32,94 | 13,26  |
| <b>PMinR</b> (W.kg <sup>-1</sup> )                           | 3,37   | 0,69  | 20,59  |
| <b>IF</b> (%)                                                | 44,36  | 9,85  | 22,20  |
| <b>[Lac]pico</b> (mmol.L <sup>-1</sup> )                     | 15,71  | 1,83  | 11,65  |

**DP:** desvio padrão; **CV:** coeficiente de variação; **VO<sub>2</sub>max:** consumo máximo de oxigênio; **iVO<sub>2</sub>max:** intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio; **LM:** intensidade referente a concentração mínima de lactato durante o protocolo de lactato mínimo; **PP:** potência pico; **PPR:** potência pico relativa; **PMed:** potência média; **PMedR:** potência média relativa; **PMin:** potência mínima; **PMinR:** potência mínima relativa; **IF:** índice de fadiga; **[Lac]pico:** concentração pico de lactato após o RAST.

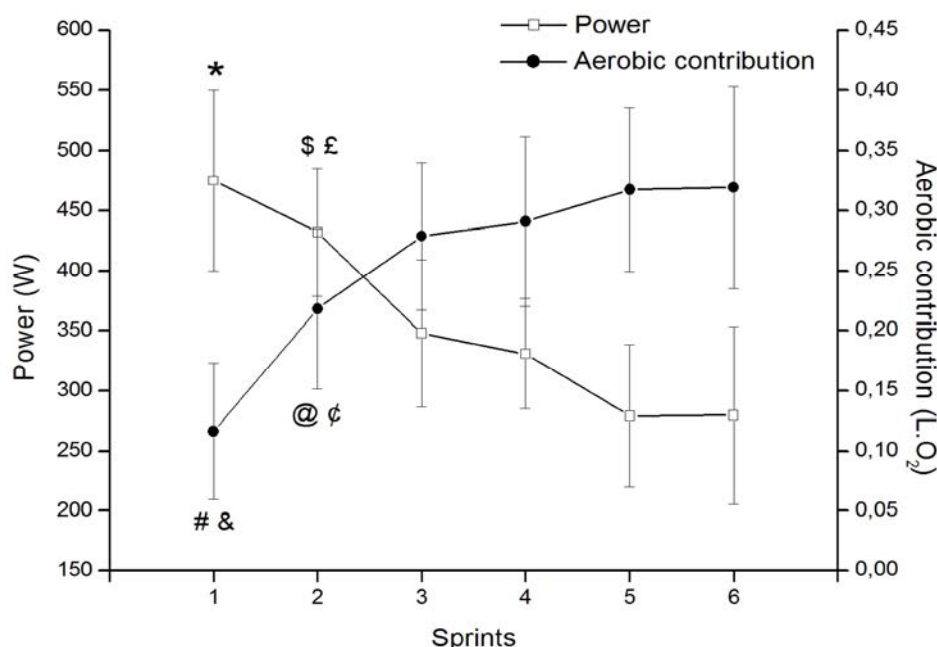
A Tabela 2.2 mostra as contribuições absolutas e percentuais de cada sistema energético durante RAST. Como mencionado anteriormente, a contribuição aeróbia foi calculado de duas maneiras, considerando todo o RAST e considerando apenas os *sprints*.

**Tabela 2.2.** Contribuição percentual de cada via metabólica durante o RAST, nas duas composições possíveis, considerando todo o teste e considerando somente os *sprints*.

| Composition                                               | Aeróbio      | Lático       | Alático      |
|-----------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Contribuição metabólica absoluta (L.O<sub>2</sub>)</b> |              |              |              |
| Aer <sub>total</sub> + L + Ala                            | 3,58 ± 0,64  | 3,31 ± 0,73  | 3,17 ± 0,67  |
| Aer <sub>sprint</sub> + L + Ala                           | 1,51 ± 0,31  | 3,31 ± 0,73  | 3,17 ± 0,67  |
| <b>Contribuição metabólica percentual (%)</b>             |              |              |              |
| Aer <sub>total</sub> + L + Ala                            | 35,50 ± 3,69 | 32,97 ± 6,75 | 31,53 ± 5,47 |
| Aer <sub>sprint</sub> + L + Ala                           | 18,81 ± 2,59 | 41,42 ± 7,64 | 39,78 ± 7,11 |

**Aer<sub>total</sub>:** contribuição percentual do metabolismo aeróbio durante todo o RAST; **Aer<sub>sprint</sub>:** contribuição percentual do metabolismo aeróbio durante os *sprints* do RAST; **L:** contribuição percentual do metabolismo anaeróbio láctico; **Ala:** contribuição percentual do metabolismo anaeróbio alático.

A Figura 2 mostra que as potências dos *sprints* 1 e 2 foram significativamente maiores do que as potências dos *sprints* 3, 4, 5 e 6 durante o RAST. Além disso, o comportamento da contribuição aeróbia durante os *sprints* do RAST se comportou de maneira inversa à potência. Foram observados valores significativamente menores para a contribuição aeróbia nos *sprints* 1 e 2, quando comparado aos outros (Figura 2.3).



**Figura 2.3.** Potência e contribuição aeróbia dos sprints durante RAST (média ± DP).

\* *Sprint* 1 > *Sprints* 3, 4, 5, 6 -  $p < 0,0001$ ; \$ *Sprint* 2 > *Sprints* 3, 4 -  $p < 0,05$ ; £ *Sprint* 2 > *Sprints* 5, 6 -  $p < 0,0001$ ; & *Sprint* 1 < *Sprint* 2 -  $p < 0,05$ ; # *Sprint* 1 < *Sprints* 3, 4, 5, 6 -  $p < 0,0001$ ; @ *Sprint* 2 < *Sprint* 4 -  $p < 0,05$ ; ¢ *Sprint* 2 < *Sprint* 5, 6 -  $p < 0,0001$ .

O  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) apresentou correlações fortes com a potência mínima, potência mínima relativa e concentração pico de lactato e a intensidade relativa ao  $\text{VO}_2\text{max}$  apresentou correlações fortes com a potencia média relativa potência mínima e potência mínima relativa. Também apresentaram correlações moderadas a intensidade referente ao lactato mínimo ( $\text{km.h}^{-1}$ ) com a potência média relativa e correlações fortes com a potência mínima e potência mínima relativa (Tabela 2.3).

**Tabela 2.3.** Valores de correlação de Pearson entre as variáveis aeróbias e as variáveis do RAST.

|                                        | <b>VO<sub>2</sub>max</b> |                             | <b>iVO<sub>2</sub>max</b> | <b>iLM</b>             |                              |
|----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------|
|                                        | ( $\text{l.min}^{-1}$ )  | ( $\text{ml.kg.min}^{-1}$ ) | ( $\text{km.h}^{-1}$ )    | ( $\text{km.h}^{-1}$ ) | (% $\text{VO}_2\text{max}$ ) |
| <b>PP (W)</b>                          | 0,48                     | -0,01                       | -0,00                     | 0,14                   | 0,12                         |
| <b>PPR (W.kg<sup>-1</sup>)</b>         | -0,18                    | 0,32                        | 0,38                      | 0,37                   | -0,35                        |
| <b>PMed (W)</b>                        | 0,30                     | 0,36                        | 0,37                      | 0,54                   | 0,09                         |
| <b>PMedR (W.kg<sup>-1</sup>)</b>       | -0,08                    | 0,61                        | 0,70*                     | 0,64*                  | -0,60                        |
| <b>PMin (W)</b>                        | 0,29                     | 0,72*                       | 0,75*                     | 0,82**                 | -0,44                        |
| <b>PMinR (W.kg<sup>-1</sup>)</b>       | 0,01                     | 0,73*                       | 0,81**                    | 0,74*                  | -0,66                        |
| <b>IF (%)</b>                          | -0,16                    | -0,55                       | -0,60                     | -0,52                  | 0,46                         |
| <b>[Lac]pico (mmol.l<sup>-1</sup>)</b> | -0,17                    | -0,70*                      | -0,55                     | -0,49                  | 0,49                         |

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$

Independentemente da composição da contribuição sistema aeróbio (ou seja, percentual ou absoluto e  $\text{Aer}_{\text{total}}$  ou  $\text{Aer}_{\text{sprint}}$ ), não foram observadas correlações significativas entre os parâmetros provenientes do RAST e essas condições. Por outro lado, as duas composições do sistema láctico (percentual e absoluta) apresentaram correlações significativas com a potência média relativa à massa corporal, potência mínima relativa à massa corporal, e a concentração pico de lactato sanguíneo após RAST. Além disso, as duas composições percentuais do sistema anaeróbio alático apresentaram correlações significativas com a potência média, potência mínima, potência média relativa à massa corporal, potência mínima relativa à massa corporal, e as concentrações pico de lactato sanguíneo (Tabela 2.4).

**Tabela 2.4.** Valores de correlação de Pearson entre as variáveis do RAST, e as contribuições de cada via metabólica.

|                                                                     | PP<br>(W) | PPR<br>(W.kg <sup>-1</sup> ) | PMed<br>(W) | PMedR<br>(W.kg <sup>-1</sup> ) | PMin<br>(W) | PMinR<br>(W.kg <sup>-1</sup> ) | IF<br>(%) | [Lac]pico<br>(mmol.L <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| <b><i>Contribuição metabólica percentual - Composição 1 (%)</i></b> |           |                              |             |                                |             |                                |           |                                      |
| <b>Aer<sub>total</sub></b>                                          | -0,25     | 0,08                         | -0,24       | 0,19                           | 0,08        | 0,29                           | -0,23     | -0,05                                |
| <b>Lático</b>                                                       | -0,16     | -0,55                        | -0,41       | -0,73*                         | -0,63       | -0,72*                         | 0,36      | 0,65*                                |
| <b>Alático</b>                                                      | 0,37      | 0,62                         | 0,67*       | 0,77**                         | 0,72*       | 0,69*                          | -0,28     | -0,77**                              |
| <b><i>Contribuição metabólica percentual - Composição 2 (%)</i></b> |           |                              |             |                                |             |                                |           |                                      |
| <b>Aer<sub>sprint</sub></b>                                         | -0,23     | -0,02                        | -0,31       | 0,00                           | -0,11       | 0,06                           | -0,07     | 0,06                                 |
| <b>Lático</b>                                                       | -0,21     | -0,57                        | -0,47       | -0,75*                         | -0,65*      | -0,72*                         | 0,34      | 0,69*                                |
| <b>Alático</b>                                                      | 0,31      | 0,63                         | 0,62        | 0,81**                         | 0,74*       | 0,75*                          | -0,34     | -0,76**                              |
| <b><i>Contribuição metabólica absoluta - (L.O<sub>2</sub>)</i></b>  |           |                              |             |                                |             |                                |           |                                      |
| <b>Aer<sub>total</sub></b>                                          | -0,08     | -0,17                        | -0,05       | -0,15                          | 0,00        | -0,06                          | -0,03     | 0,02                                 |
| <b>Aer<sub>sprint</sub></b>                                         | -0,06     | -0,24                        | -0,11       | -0,28                          | -0,16       | -0,24                          | 0,10      | 0,12                                 |
| <b>Lático</b>                                                       | -0,06     | -0,61                        | -0,28       | -0,83**                        | -0,60       | -0,82**                        | 0,43      | 0,93**                               |
| <b>Alático</b>                                                      | 0,19      | 0,12                         | 0,42        | 0,20                           | 0,35        | 0,18                           | -0,12     | -0,56                                |

\*p < 0,05; \*\*p < 0,01

## 2.6. Discussão

O objetivo principal do presente estudo foi investigar as possíveis interações das vias metabólicas durante a realização do *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST), dessa forma os principais achados do presente estudo foram as associações positivas dos parâmetros provenientes do RAST (PMed, PMedR, PMin e PMinR) com potência e capacidade aeróbia (ou seja, VO<sub>2</sub>max, iVO<sub>2</sub>max e LM), e com as contribuições absoluta e percentual de sistemas energéticos. Além disso, foram observadas associações negativas entre os parâmetros provenientes do RAST e o sistema anaeróbio láctico ([Lac]pico e as contribuições absoluta e percentual do sistema láctico).

Durante o RAST verificou-se que  $35,50 \pm 3,69\%$ ,  $32,97 \pm 6,75\%$  e  $31,53 \pm 5,47\%$  da energia utilizada foram provenientes dos metabolismos aeróbio, anaeróbio láctico e alático respectivamente. Quando a mesma análise foi realizada considerando apenas os esforços, ou seja, descontando os momentos de recuperação, a participação do metabolismo aeróbio diminuiu para  $18,81 \pm 2,59\%$ , enquanto que as participações dos metabolismos anaeróbio láctico e alático passaram para  $41,42 \pm 7,64\%$  e  $39,78 \pm 7,11\%$ , respectivamente.

Comportamento semelhante foi encontrado por Zagatto e colaboradores (2011) para o *Maximal anaerobic running test* (MART). Quando analisaram o teste completo (não apenas os momentos de esforços), foram verificadas contribuições percentuais de  $65,4 \pm 1,1$ ;  $29,5 \pm 1,1$  e  $5,1 \pm 0,5\%$  para as vias aeróbia, anaeróbia láctica e anaeróbia aláctica, respectivamente, à medida que quando analisado apenas os momentos de esforço do protocolo esses percentuais alteraram sensivelmente para  $26,5 \pm 1,0$ ;  $62,6 \pm 1,2$  e  $10,9 \pm 0,9 \%$  de contribuição dos metabolismos aeróbio, láctico e alático, respectivamente.

Tomlin e Wenger (2001) e Bishop et al. (2004) atribuíram ao metabolismo aeróbio a capacidade de remoção e tamponamento de íons  $H^+$ , bem como a restauração dos estoques de fosfocreatina (PCr) intramuscular, especialmente após 30 s de recuperação passiva (alcançando até 70 % de restauração dos estoques basais). Ainda nesse sentido, Mendez-Villanueva et al. (2012) encontraram correlações significativas entre a ressíntese de PCr e a performance de *sprints* repetidos ( $r = 0,67$ ). Porém, o mesmo estudo mostra que após 6 min de recuperação de uma série de dez *sprints* máximos em cicloergômetro, os estoques de PCr já encontram-se quase completamente restaurados, entretanto, a amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) e o pH intramuscular ainda permanecem depreciados, resultando na queda do desempenho dos *sprints*.

Ainda, exercícios intensos ocasionam diminuição importante dos níveis de ATP e consequente aumento da concentração de fosfato inorgânico, perda da sensibilidade dos canais de potássio e ineficiência na reabsorção de cálcio pelo retículo sarcoplasmático, prejudicando consideravelmente o equilíbrio iônico das células musculares e acarretando na despolarização dificultada da membrana plasmática (NORDSBORG et al., 2003). No RAST essa situação é teoricamente agravada devido ao menor intervalo de repouso entre os esforços (10 s), limitando consideravelmente a restauração dos estoques de PCr, além de prejudicar o efluxo de metabólitos, em especial a remoção e o tamponamento dos íons  $H^+$ , ocasionando dentro desse contexto, a necessidade de estratégias específicas para sustentação, mesmo que prejudicada, dos esforços.

As correlações significativas entre as variáveis aeróbias (LM,  $VO_{2max}$  e  $iVO_{2max}$ ) e os parâmetros provenientes do RAST (potências média e mínima expressas em valores absolutos e relativos) associados com o aumento da contribuição absoluta da via aeróbia durante RAST (Figura 3) sugerem uma possível influência deste metabolismo não somente na restauração de PCr, mas também na manutenção da intensidade do exercício, principalmente após o terceiro esforço. No entanto, a  $iVO_{2max}$  deve ser assumida com cautela, visto que Dantas De Luca e colegas (2003) verificaram que, devido à indução à hiperlactacidemia do

protocolo de lactato mínimo, apesar do valor  $\text{VO}_2\text{max}$  não ser influenciado, a  $\text{iVO}_2\text{max}$  pode ser ligeiramente subestimada, sendo uma limitação do presente estudo.

Quando analisado o RAST sem considerar os períodos de recuperação, a contribuição do sistema anaeróbio láctico foi maior em comparação com os outros sistemas energéticos, no entanto, independentemente da composição, as correlações positivas significativas entre o metabolismo alático e os parâmetros provenientes do RAST (PMedR, PMin e PMinR) sugerem que esta via metabólica desempenha um papel fundamental na *performance* durante o RAST. Esta hipótese é reforçada pela recente investigação de Deminice et al. (2013) mostrando que sete dias de suplementação de creatina aumentou o desempenho no RAST em jogadores de futebol. Por outro lado, as correlações positivas entre os parâmetros aeróbios ( $\text{iVO}_2\text{max}$  e LM) e as variáveis do RAST (PMedR, PMin e PMinR) indicam que a aptidão aeróbia desempenha um papel importante durante o RAST.

Kalva-Filho et al. (2013) encontraram correlações positivas entre  $\text{iVO}_2\text{max}$  e o desempenho no RAST em jogadores de futebol com aptidão aeróbia ( $\text{iVO}_2\text{max} = 15,4 \pm 1,4 \text{ km.h}^{-1}$ ) semelhante do presente estudo ( $\text{iVO}_2\text{max} = 13,8 \pm 2,2 \text{ km.h}^{-1}$ ). Está bem estabelecido que um sistema aeróbio bem desenvolvido contribui significativamente para a redução da necessidade de ativação da via glicolítica (BISHOP e EDGE, 2006) e otimiza os períodos de recuperação entre esforços (UFLAND et al., 2013; FAISS et al., 2013), sendo que esta última resposta possivelmente maximiza a ressíntese de PCr e consequentemente a utilização do sistema anaeróbio alático o qual é fundamental para o desempenho de sprints repetidos (MENDEZ-VILLANUENVA et al., 2012).

## 2.7. Aplicação prática

O *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST) tem sido vastamente utilizado como forma de avaliação e monitoramento da potência anaeróbia (PP e PMed) e da habilidade de *sprints* repetidos (IF) (KEIR et al., 2013), em especial para atletas de esportes intermitentes, devido a sua reprodutibilidade comprovada e capacidade de predição de performance de corridas de curta distância (ZAGATTO et al., 2009). Entretanto, seu uso deve ser feito com cautela, visto que seus resultados são fortemente influenciados pela aptidão aeróbia prévia, causando interferência direta nos resultados da avaliação, e ocasionando séria dificuldade em isolar se alterações no RAST seriam provenientes da melhora da potência e capacidade anaeróbia, ou simplesmente em função de melhoras do metabolismo aeróbio.

Os resultados do presente estudo evidenciaram a necessidade do desenvolvimento da aptidão aeróbia (LM, VO<sub>2</sub>max e iVO<sub>2</sub>max) como forma de “atenuar” a queda de desempenho de jogadores amadores de futsal.

## **2.8. Conclusão**

Pode-se concluir que a contribuição do sistema aeróbio aumenta após a cada *sprint* durante o RAST, ao passo que a potência desenvolvida a cada *sprint* diminui. Assim, este sistema não é decisivo para o desempenho durante o RAST, mas tem um papel importante nos períodos de recuperação entre cada *sprint*. Além disso, o sistema anaeróbio alático desempenha um papel fundamental no desempenho de RAST.

## **CAPÍTULO 3**

### **Estudo 2:**

**Associação entre a contribuição energético-metabólica durante *sprints* repetidos e os padrões de deslocamento durante jogo simulado de futsal**

### 3.1. Resumo

O objetivo do presente estudo foi verificar as possíveis associações entre variáveis metabólicas e neuromusculares com o desempenho durante simulação de jogo de futsal. Oito atletas amadores de futsal (idade:  $23,00 \pm 4,63$  anos;  $VO_{2max}$ :  $46,93 \pm 6,58$  ml.kg.min<sup>-1</sup>) realizaram protocolo de lactato mínimo com indução à hiperlactacidemia por meio do *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST). O  $VO_2$  foi medido respiração-a-respiração, incluindo a linha de base e o excesso do consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC). O lactato sanguíneo foi medido em repouso, durante a recuperação após RAST e ao final de cada estágio do teste incremental. Após 24 - 48 h de recuperação os atletas participaram de um jogo simulado de futsal, no qual foram monitoradas a frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE) e a concentração de lactato em momentos específicos. Ainda, a simulação de jogo foi gravada por câmeras de vídeo para processamento dos padrões de deslocamento por meio de rastreamento automático. Para análise estatística foram utilizados teste t de *student* e Correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ). Dentre os principais resultados, foi verificada queda de desempenho do primeiro para o segundo período, evidenciado pela diminuição da velocidade média dos participantes e aumento da distância percorrida em faixas de velocidade menores. A velocidade média do jogo associou-se positivamente com os índices aeróbios e negativamente com as concentrações de lactato durante o jogo e o número de sprints realizados correlacionou-se positivamente com as contribuições energéticas do sistema aeróbio. Tais resultados evidenciam a necessidade do desenvolvimento do sistema aeróbio de atletas de futsal como forma de prevenir a utilização intensa da via glicolítica e evitar a queda de *performance* energética durante o jogo.

**Palavras chave:** *Sprints* repetidos; Rastreamento semi-automático; Lactato sanguíneo; Participação energética.

### 3.2. Introdução

O futsal é classificado como um esporte intermitente de alta intensidade, taxando severamente as vias metabólicas de fornecimento de energia (CASTAGNA et al., 2010). Dogramaci e Watsford, (2006) verificaram que as ações motoras são alternadas a cada 3,28 s e que cerca de 26 % da distância percorrida é realizada em alta intensidade. Ao considerar o

tempo total de jogo, durante 5 e 12 % do tempo total são realizados *sprints* e corridas de alta intensidade ( $>15 \text{ km/h}^{-1}$ ), respectivamente (BARBERO-ALVAREZ et al., 2008). Durante monitoramento de jogo simulado de futsal, Castagna e colaboradores (2006) verificaram concentração média de lactato de  $5,3 \text{ mmol.L}^{-1}$ , além disso, durante uma partida, atletas alcançam valores referentes a 90 e 75 % da frequência cardíaca máxima (FCmax) e consumo máximo de oxigênio ( $\text{VO}_2\text{max}$ ), respectivamente (CASTAGNA et al., 2006).

Em função dessas condições, a literatura recomenda valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  de  $60 \text{ ml.kg.min}^{-1}$  ou superiores, para prática profissional (BARBERO-ALVAREZ et al., 2009), caracterizando assim a importância do desenvolvimento das vias metabólicas frente à demanda energética de esportes com características intermitentes e de sustentação da *performance* de *sprints* repetidos, como o futsal.

Para ilustrar a importância da *performance* em *sprints* repetidos para atletas de esportes intermitentes, Kalva-Filho e colaboradores (2013) encontraram correlações significativas entre a intensidade relativa ao  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $\text{vVO}_2\text{max}$ ) com a potência pico ( $r = 0,73$ ) e o índice de fadiga ( $r = -0,57$ ) provenientes do *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST) em uma amostra de futebolistas com  $\text{VO}_2\text{max}$  de  $51,6 \pm 8,7 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ . Já Alizadeh et al. (2010) correlacionaram o índice de fadiga proveniente do RAST com o  $\text{VO}_2\text{max}$  de três grupos distintos de jogadores de futebol classificados de acordo com os valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  (baixo:  $37,22 \pm 2,3 \text{ ml.kg.min}^{-1}$  médio:  $46,46 \pm 1,97 \text{ ml.kg.min}^{-1}$  e alto:  $55,63 \pm 1,52 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ ) e verificaram correlação significativa para o grupo de baixo  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $r = 0,86$ ) e correlação inversa para o grupo de alto  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $r = -0,64$ ).

Apesar de Tomlin e Wenger, (2002) sugerirem a possibilidade de um limite de utilização da aptidão aeróbia na sustentação da *performance* durante *sprints* repetidos, acima da qual melhorias relativas do metabolismo aeróbio não seriam traduzidas em aumento do rendimento durante esse tipo de tarefa, a literatura tem demonstrado massivamente que um sistema aeróbio bem desenvolvido colabora sensivelmente para uma menor necessidade de ativação da via glicolítica (BISHOP e EDGE, 2006) e uma recuperação otimizada entre os esforços (UFLAND et al., 2013, FAISS et al., 2013), proporcionando condições adequadas para ressíntese de PCr e funcionamento do metabolismo anaeróbio alático, aparentemente o maior responsável por determinar altas performances em *sprints* repetidos (MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2012).

Corroborando com os estudos anteriores, Bishop et al. (2004) verificaram que o treinamento da capacidade aeróbia contribui com aprimoramento do sistema tampão em neutralizar os íons  $\text{H}^+$  proveniente de exercícios de alta intensidade e Helgerud e

colaboradores (2001) verificaram que a melhora de  $5 \text{ ml.kg.min}^{-1}$  no  $\text{VO}_2\text{max}$  influenciou substancialmente atletas de futebol, resultando num maior número de ações com envolvimento com bola, aumento do número de *sprints*, e maior distância percorrida durante o jogo.

Logo, é de fundamental importância quantificar as demandas energético-metabólicas durante a realização de *sprints* repetidos e verificar suas possíveis associações com os padrões de deslocamento durante jogo de futsal, visto que essa é uma condição recorrente em esportes intermitentes. Dessa forma, o presente estudo objetivou investigar as possíveis associações entre a contribuição das vias metabólicas de fornecimento de energia durante o RAST com as variáveis fisiológicas de potência e capacidade aeróbia e os padrões de deslocamento durante jogo simulado de futsal.

Hipotetizamos que, em atletas amadores, a simulação de jogo proposta gere queda do desempenho dos padrões de deslocamento e conseqüentemente a taxa severa das vias anaeróbias durante o jogo. Além disso, esperamos que a contribuição do sistema oxidativo durante *sprints* repetidos e os índices aeróbios aferidos apresentem fortes associações com os padrões de deslocamento, inclusive o número absoluto de *sprints* realizados durante a simulação do jogo.

### 3.3. Materiais e métodos

#### 3.3.1. Sujeitos

Participaram do estudo 8 jogadores universitários de futsal (idade:  $23,00 \pm 4,63$  anos; peso:  $74,79 \pm 8,54$  kg; estatura:  $176,81 \pm 5,57$  cm,  $\text{VO}_2\text{max}$ :  $46,93 \pm 6,58 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ ), sem histórico de lesões músculo-esqueléticas crônicas, com no mínimo três anos de prática competitiva e frequência de 3 a 4 sessões de treinamentos semanais, no período noturno.

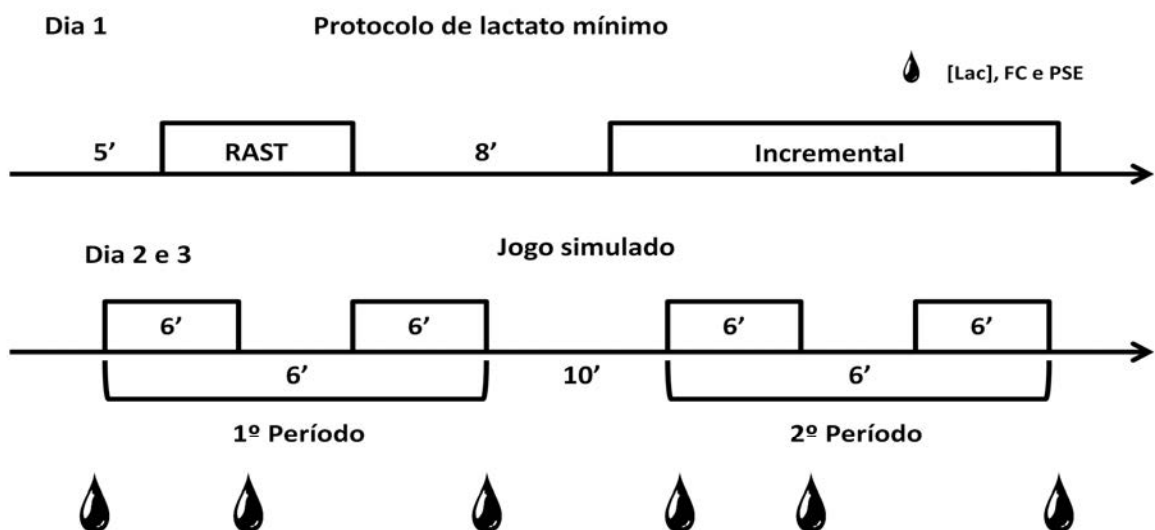
Todos os atletas participaram voluntariamente do estudo e foram instruídos a não mudarem os hábitos alimentares durante o período de testes, não ingerirem álcool ou qualquer tipo de bebida estimulante e não praticarem exercícios físicos pesados no dia anterior à realização dos protocolos. Todos os procedimentos foram conduzidos de acordo com os termos do Comitê de Ética em pesquisa local (Protocolo nº 5069 de 18/07/2012).

### 3.3.2. Procedimentos experimentais

Inicialmente foi aferida a composição corporal por meio do DEXA-*scan*, e previamente ao início dos testes, os participantes foram mantidos em posição sentada, durante 5 min, para determinação da linha de base da concentração de lactato sanguíneo e do consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ).

Em seguida os participantes realizaram aquecimento de 5 min compostos por exercício de diferentes intensidades, alongamentos dinâmicos e corridas de curta duração e alta intensidade. Ao final do aquecimento, os participantes realizaram o *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST). Após 8 min de repouso passivo os jogadores iniciaram um teste incremental em esteira ergométrica, com velocidade inicial de  $8 \text{ km.h}^{-1}$  e incremento de  $1 \text{ km.h}^{-1}$  a cada 2 min até a exaustão voluntária ou incapacidade de manter a velocidade do estágio para determinação do limiar anaeróbico pelo protocolo de lactato mínimo. Após o término do protocolo incremental os participantes permaneceram com a máscara do ergoespirômetro por mais 5 min para determinação da fase do excesso de consumo de oxigênio após o final do exercício (EPOC) e mensuração do componente rápido do consumo de oxigênio pós-esforço.

Na semana seguinte ao protocolo de lactato mínimo, os atletas participaram de dois jogos simulados filmados integralmente para posterior rastreamento semi-automático dos participantes, separados por 24h. Em cada dia de simulação, quatro atletas foram avaliados de forma escalonada. Também foi avaliada durante a simulação a concentração de lactato, frequência cardíaca (Polar<sup>®</sup>, Kempele, Finlândia) e a percepção subjetiva de esforço (BORG, 1982) em momentos específicos da simulação de jogo (Figura 3.1).



**Figura 3.1.** Organograma das avaliações e coletas durante os jogos simulados.

### 3.3.3. Composição corporal

Para a análise da composição corporal e da distribuição das massas magra, óssea e tecido adiposo, foi empregada a técnica da absorptiometria de raios-X de dupla energia (*Dual-energy x Ray absorptiometry* – DEXA Discovery - Hologic® - EUA). A dose de radiação que os participantes receberam foi menor do que 0,05 mrem, equivalente a uma exposição 50 vezes menor que a de um exame de raio X.

O método estimou a composição corporal fracionando o corpo em três compartimentos anatômicos: massa livre de gordura, massa de gordura e conteúdo mineral ósseo. Os resultados foram expressos em gramas de massa magra, de gordura, de conteúdo mineral ósseo e percentual de gordura corporal (FREITAS JUNIOR et al., 2012).

### 3.3.4. Running anaerobic sprint test (RAST)

O *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST) (ZACHAROGLIANNIS et al., 2004), consiste em seis corridas de 35 m em intensidade de *all out*, intercalados por períodos de 10 s de recuperação passiva.

O teste foi controlado por três avaliadores experientes sendo que dois deles posicionavam-se no início e no fim do percurso de 35 m, de modo que o tempo realizado em cada *sprint* fosse registrado. Um terceiro controlava os períodos de recuperação. Foram obtidos os valores de potência de cada *sprint* ( $P$  (W)) por meio do registro do tempo realizado ( $t$  (s)), distância percorrida ( $d$  (m)) e massa corporal ( $m_c$  (kg)) do participante ( $P = (m_c / d^2) / t^3$ ).

Dessa forma foram obtidos os valores de potência pico ( $PP$  (W)) (a maior entre as seis  $P$ ), média das potências ( $P_{Med}$  (W)) (soma das  $P$  realizadas dividido pelo número de *sprints*) e potência mínima ( $P_{Min}$  (W)) (a menor entre as seis  $P$ ). A taxa de perda de desempenho do conjunto de *sprints* foi assumida como o índice de fadiga calculado em valores percentuais (IF (%)) ( $IF = (PP - P_{Min}) \times 100 / PP$ ) e absolutos (IF ( $W \cdot s^{-1}$ )) ( $IF = (PP - P_{Min}) / \text{tempo total de esforço}$ ).

### 3.3.5. Protocolo de lactato mínimo

Com o intuito de agregar viabilidade ao protocolo e dessa forma possibilitar avaliações aeróbias e anaeróbias numa mesma sessão de testes, o RAST foi utilizado para induzir a

hiperlactacidemia (ROSEGUINI et al., 2008) adaptando a proposta de Tegtbur et al. (1993) para determinação do limiar anaeróbio. Após a realização do RAST, foram observados 8 min de recuperação passiva, e então os participantes iniciavam protocolo incremental em esteira ergométrica com velocidade inicial de 8 km.h<sup>-1</sup>, incremento de 1 km.h<sup>-1</sup> a cada estágio de 2 min e 1% de inclinação.

Esse desenho do momento incremental do protocolo de lactato mínimo levou em consideração os trabalhos de Midgley e colaboradores (2008), que em artigo de revisão verificaram que em indivíduos saudáveis o VO<sub>2</sub>max não se altera desde que o teste em esteira ergométrica dure entre 5 a 26 min e Ribeiro e colaboradores (2003), que verificaram que diferentes durações de estágio na natação não alteram a intensidade relativa ao lactato mínimo.

Amostras sanguíneas foram coletadas do lóbulo da orelha, nos minutos 1, 3, 5 e 7 após o RAST e ao final de cada estágio da fase incremental subsequente, para posterior análise e determinação da concentração de lactato sanguíneo.

A intensidade de lactato mínimo (vLM) foi determinada na fase incremental do teste por meio de ajuste polinomial de segunda ordem, de modo que a derivada zero desse ajuste foi assumida como a intensidade relativa ao ponto de menor valor da curva de concentração de lactato X intensidade (TEGTBUR et al., 1993).

### **3.3.6. Coleta e determinação das concentrações de lactato sanguíneo**

As coletas de sangue para análise das concentrações de lactato nos diferentes momentos do estudo foram obtidas a partir da punção do lóbulo da orelha com lanceta picadora esterilizada e de uso único. As amostras de 25 µL foram obtidas em capilares de vidro previamente heparinizados, imediatamente desprezadas e homogenadas em tubos *eppendorfs* contendo 50 µL de fluoreto de sódio (NaF 1%).

Posteriormente, alíquotas de 25 µL do homogenado foram analisadas em lactímetro eletroquímico YSI 1500 SPORTS (YSI®, Ohio, USA).

### **3.3.7. Mensuração das trocas gasosas**

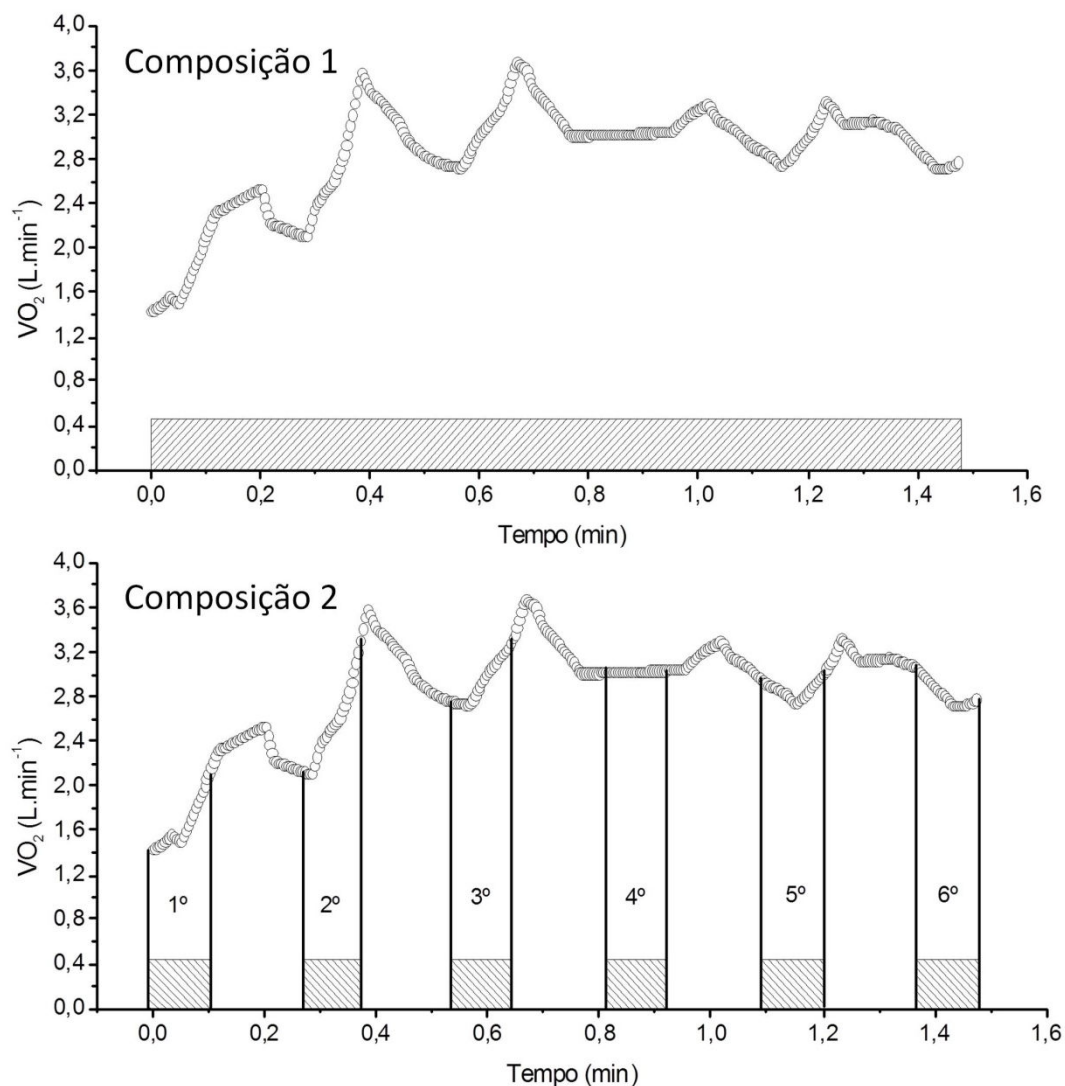
A ventilação, VO<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> foram monitoradas durante todo o protocolo (RAST e lactato mínimo), respiração-a-respiração, utilizando ergoespirômetro por telemetria

K4b<sup>2</sup> (Cosmed<sup>®</sup> - Itália). O equipamento era calibrado previamente a todos os testes com ar ambiente e uma alíquota de gás conhecido de acordo com as especificações do fabricante.

Os pontos obtidos foram plotados em função do tempo de teste e após a retirada dos *outliers*, os pontos foram interpolados de forma a contemplar um valor a cada 0,25 s (OriginPro 8.0 - OriginLab Corporation - Microcal<sup>®</sup>, USA). Para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) durante a fase incremental dos testes, foi calculada a média dos pontos interpolados dos últimos 20 s do VO<sub>2</sub> de cada estágio, e assumido o maior valor encontrado. O critério para a identificação da intensidade referente ao VO<sub>2</sub>max (vVO<sub>2</sub>max) foi adaptado de Gordon et al. (2010) e assumida como a menor velocidade de estágio na qual a variação do VO<sub>2</sub>max foi menor ou igual a 2 ml.kg.min<sup>-1</sup>.

### **3.3.8. Determinação da participação energética no RAST**

A contribuição aeróbia foi determinada de duas maneiras. Subtraindo o valor médio do VO<sub>2</sub> dos últimos 30 s da linha de base normalizado pelo tempo de esforço, do valor da integral do VO<sub>2</sub> do teste todo (composição 1), e a partir da subtração do valor médio do VO<sub>2</sub> dos últimos 30 s da linha de base normalizado pelo tempo de esforço, do valor da integral do VO<sub>2</sub> de cada *sprint* (composição 2) (Figura 3.2).

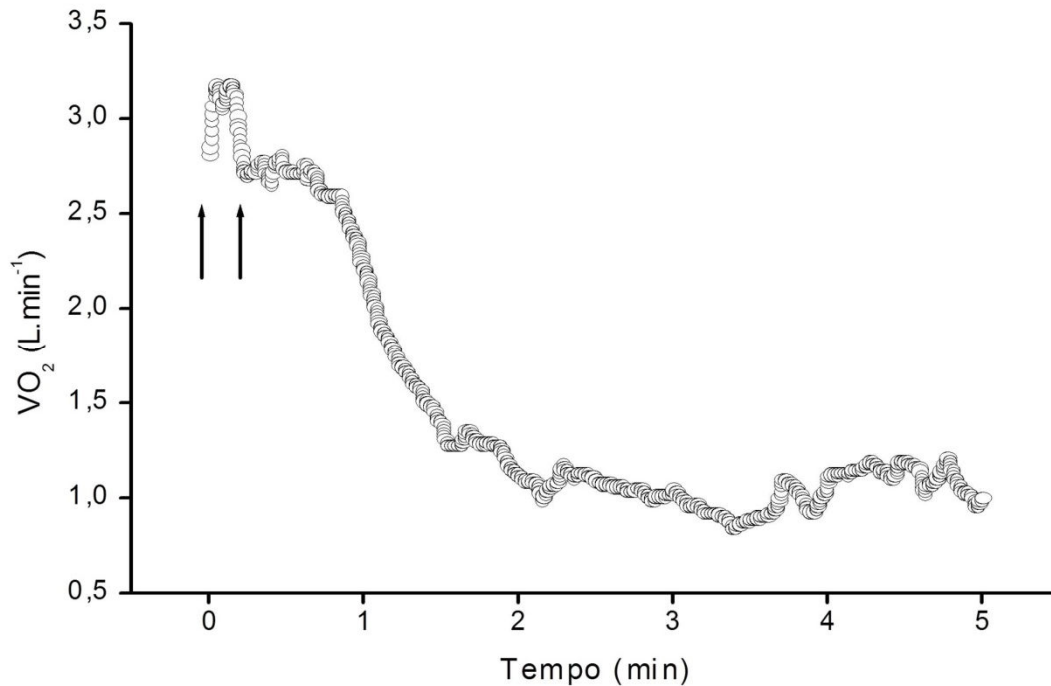


**Figura 3.2.** Comportamento típico do consumo de oxigênio durante o *running anaerobic sprint test* (RAST). **Composição 1:** Cálculo da contribuição aeróbia considerando todo o esforço durante o RAST. **Composição 2:** Cálculo da contribuição aeróbia considerando somente os *sprints*. As áreas hachuradas representam o consumo de oxigênio de linha de base descontado de cada composição.

A contribuição da via anaeróbia alática foi assumida como a fase rápida do EPOC e calculada a partir do ajuste bi-exponencial da curva e do produto entre a amplitude (A) e a constante de decaimento da curva (*tau* -  $\tau$ ) (BENEKE et al., 2002; BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; DE CAMPOS MELO et al., 2009; ZAGATTO et al., 2011).

Entretanto, ao final do RAST, notou-se um pequeno período de aumento no  $VO_2$  (em média  $12,2 \pm 2,9$  s) como comportamento comum a todos os participantes, aparentemente proveniente de um *delay* entre a demanda de  $VO_2$  requerida em um exercício de curta duração com intensidade de *all out* e os ajustes mecânicos respiratórios e fisiológicos necessários para suprir essa demanda. É consenso na literatura que o ajuste bi-exponencial é a melhor

interpretação do comportamento do EPOC (BERTUZZI et al., 2010; LÉGER et al., 1980) e como essa pequena fase de aumento feria o ajuste bi-exponencial necessário para o cálculo da contribuição alática, o mesmo foi excluído, de forma a contemplar condições matemáticas mais finas para determinar a participação alática durante o exercício (Figura 3.3).



**Figura 3.3.** Sujeito representativo do aumento inicial excluído durante a fase do excesso de consumo de O<sub>2</sub> após o final do exercício no RAST (EPOC). ↑: Demarcam o período excluído para atingir ajuste matemático fino do modelo bi-exponencial.

Já a contribuição do metabolismo láctico, foi mensurada assumindo que em exercício máximo cada 1 mmol.l<sup>-1</sup> de lactato provenientes da diferença entre a concentração final subtraída da concentração inicial do exercício ( $\Delta[\text{Lac}]$ ) equivalem a 3 ml.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> de massa corporal (DIPRAMPERO e FERRETTI, 1999; BENEKE et al., 2002; BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; DE CAMPOS MELO et al., 2009; ZAGATTO et al., 2009).

### 3.3.9. Jogo simulado

Os oito atletas avaliados foram agrupados de maneira randômica em duas equipes com quatro atletas cada, sendo que cada equipe dispunha de um goleiro com nível técnico compatível. Os jogos simulados foram compostos por dois períodos com 10 min de intervalo entre eles, sendo que cada período foi dividido em dois tempos de 6 min com 6 min de intervalo. Essa composição visou simular a dinâmica de substituições atualmente adotada por

diversas equipes que alternam o quarteto de linha a cada 5 min de jogo, logo foram assumidos 6 min por tempo por tratar-se do tempo total de permanência dos atletas em quadra (tempo cronometrado – 5 min de jogo + interrupções).

Uma equipe foi avaliada por dia, sendo que as participações dos atletas durante as simulações foram escalonadas, por meio da utilização de três atletas auxiliares de mesmo nível técnico. A equipe avaliada iniciava com um atleta participante do estudo e três atletas auxiliares, e a cada 2 min um atleta auxiliar era substituído por um atleta participante do estudo, possibilitando dessa forma que todos os avaliados completassem 6 min jogando e se retirassem da simulação por 6 min para repouso e avaliações sem que a mesma fosse interrompida, e em especial, permitindo a avaliação imediata de todos os atletas em todos os momentos.

Previamente ao início dos tempos 1 e 3 e ao final de todos os tempos, foram monitoradas as concentrações de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço, gerando dessa forma três pontos de monitoramento durante o cada período e seis pontos de monitoramento no total da simulação para cada atleta. Para todas as variáveis anteriormente citadas, foram assumidas como média dos períodos e da simulação de jogo, a somatória dos valores mensurados dividido pelo número de pontos monitorados. Já os valores de pico das mesmas variáveis foram assumidos como o maior valor aferido no período ou na simulação (vide figura 3.1).

### **3.3.10. Rastreamento semi-automático**

Todos os jogos foram filmados de maneira integral por duas câmeras (Casio Exilim EX-FH25) ajustadas a uma frequência de aquisição de 30 Hz, posicionadas nos pontos mais altos do local das simulações, obtendo o enquadramento de toda área de jogo. Posteriormente foi utilizado o Dvideo<sup>®</sup> *software* (BARROS et al., 2007) para a sincronização, calibração 2D com base em pontos sobre a superfície da quadra e marcação dos quadros por meio do rastreamento semi-automático, que possibilita a obtenção do posicionamento bidimensional (x, y) de cada atleta na área de jogo em função do tempo. Tais coordenadas foram posteriormente filtradas pelo filtro Butterworth (passa-baixa) de 3ª ordem, adotando-se uma frequência de corte de 0,4 Hz (MOURA et al., 2011).

As situações não resolvidas automaticamente foram corrigidas manualmente durante o rastreamento e por meio de rotinas desenvolvidas em ambiente Matlab<sup>®</sup> foram calculados individualmente os padrões de deslocamentos: distância percorrida, velocidade máxima

atingida, velocidade média, número de *sprints*, bem como as distâncias percorridas em faixas de velocidade previamente determinadas a partir de “âncoras” fisiológicas e o tempo de permanência em cada faixa de velocidade.

A determinação das faixas de velocidade ancorou-se nos valores relativos a intensidade de lactato mínimo ( $v_{LM}$ ), consumo máximo de oxigênio ( $vVO_{2max}$ ) e velocidade máxima atingida no RAST ( $v_{RAST}$ ), dessa forma foram definidas sete faixas de velocidade: **Parado**: de 0 até  $0,72 \text{ km/h}^{-1}$ ;  $\Delta v_{LM}$ : de  $0,73 \text{ km/h}^{-1}$  até 50% do valor relativo a diferença entre  $v_{LM}$  e Parado;  **$v_{LM}$** : de  $\Delta v_{LM}$  até  $v_{LM}$ ;  **$vVO_{2max}$** : de  $v_{LM}$  até  $vVO_{2max}$ ;  $\Delta v_{RAST}$ : de  $vVO_{2max}$  até 50% do valor relativo a diferença entre  $v_{RAST}$  e  $vVO_{2max}$ ;  **$v_{RAST}$** : de  $\Delta v_{RAST}$  até  $v_{RAST}$ ; e  **$V_{max}$** : de  $v_{RAST}$  até a velocidade máxima atingida durante a simulação do jogo.

Essas faixas de velocidades individualizadas foram assumidas visando quantificar a distância percorrida e o tempo de permanência em cada zona de domínio fisiológico, baseando-se nos artigos de revisão sobre treinamento intervalado de alta intensidade como metodologia de treinamento para esportes intermitentes de Buchheit e Laursen, (2013a,b). Dessa forma a faixa  $\Delta v_{LM}$  corresponde ao domínio moderado ou intensidade relativas a concentrações de lactato sanguíneo inferiores a  $2 \text{ mmol.L}^{-1}$ , a faixa  $v_{LM}$  corresponde ao domínio pesado e intensidades relativas à concentrações de lactato sanguíneo entre  $2 - 4 \text{ mmol.L}^{-1}$ , e a partir da faixa  $vVO_{2max}$  corresponde ao domínio severo, pressupondo larga utilização da glicólise anaeróbia e intensidades com concentrações de lactato superiores a  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$ .

A partir da faixa  $\Delta v_{RAST}$ , as intensidades correspondem a percentuais da máxima velocidade de *sprint*, tratando-se de intensidade com características energético-metabólicas predominantemente anaeróbias lácticas, sendo que para contabilização do número de *sprints* realizados foram assumidas todas as vezes que os participantes atingiram ou ultrapassaram a velocidade correspondente a faixa  $v_{RAST}$ .

### 3.4. Análise estatística

Inicialmente os dados foram confirmados como normais pelo teste de Shapiro-Wilk, permitindo assim o uso de testes estatísticos paramétricos para as análises subsequentes. Para a comparação entre os valores do primeiro e segundo período foi utilizado o teste t de *student* para amostras dependentes. Para verificações das possíveis associações entre os índices aeróbios (lactato mínimo), as variáveis estimadas no RAST e a contribuição energética de

cada sistema metabólico durante o RAST foi utilizado o teste de correlação de Pearson. Os valores obtidos foram classificados como muito fraco (0,0 – 0,2), fraco (0,21 – 0,4), moderado (0,41 – 0,7), forte (0,71 – 0,9) e muito forte (0,91 – 1,0) (ROWNTREE et al., 1991). Em todos os casos o nível de significância foi pré-fixado para  $p < 0,05$ .

### 3.5. Resultados

As médias, desvios padrão e coeficientes de variação das variáveis provenientes do RAST, lactato mínimo e monitoramento fisiológico da simulação do jogo são apresentados na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1.** Valores das variáveis provenientes do RAST, lactato mínimo e monitoramento da simulação de jogo.

|                                                      | <b>Média</b> | <b>DP</b> | <b>CV (%)</b> |
|------------------------------------------------------|--------------|-----------|---------------|
| <b><i>Variáveis RAST</i></b>                         |              |           |               |
| <b>PP (W)</b>                                        | 436,28       | 50,82     | 11,65         |
| <b>PMed (W)</b>                                      | 328,00       | 19,12     | 5,83          |
| <b>PMin (W)</b>                                      | 239,11       | 28,95     | 12,11         |
| <b>IF% (%)</b>                                       | 44,33        | 10,62     | 23,96         |
| <b>IF (W.s<sup>-1</sup>)</b>                         | 5,45         | 1,73      | 31,84         |
| <b>[Lac]pico (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>               | 15,96        | 1,96      | 12,25         |
| <b><i>Variáveis lactato mínimo</i></b>               |              |           |               |
| <b>VO<sub>2</sub>max (L.min<sup>-1</sup>)</b>        | 3,48         | 0,48      | 13,74         |
| <b>VO<sub>2</sub>max (ml.kg.min<sup>-1</sup>)</b>    | 46,93        | 6,58      | 14,02         |
| <b>vVO<sub>2</sub>max (km.h<sup>-1</sup>)</b>        | 13,63        | 2,45      | 17,95         |
| <b>vLM (km.h<sup>-1</sup>)</b>                       | 11,93        | 1,34      | 11,25         |
| <b><i>Variáveis monitoramento simulação jogo</i></b> |              |           |               |
| <b>FC (bpm)</b>                                      | 136,38       | 9,98      | 7,32          |
| <b>PSE (U. A.)</b>                                   | 10,96        | 1,48      | 13,47         |
| <b>[Lac]jogo (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>               | 3,85         | 1,73      | 44,86         |
| <b>[Lac]pico_jogo (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>          | 7,16         | 2,77      | 38,63         |

**DP:** desvio padrão; **CV:** coeficiente de variação; **PP:** potência pico; **PMed:** potência média; **PMin:** potência mínima; **IF%:** índice de fadiga percentual; **IF:** índice de fadiga absoluto; **[Lac]pico:** concentração pico de lactato após o RAST; **VO<sub>2</sub>max:** consumo máximo de oxigênio; **vVO<sub>2</sub>max:** intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio; **vLM:** intensidade referente a concentração mínima de lactato durante o protocolo de lactato mínimo; **FC:** frequência cardíaca média durante o jogo; **PSE:** percepção subjetiva de esforço média durante o jogo; **U.A.:** unidades arbitrárias; **[Lac]jogo:** concentração média de lactato durante o jogo; **[Lac]pico\_jogo:** concentração pico de lactato durante o jogo.

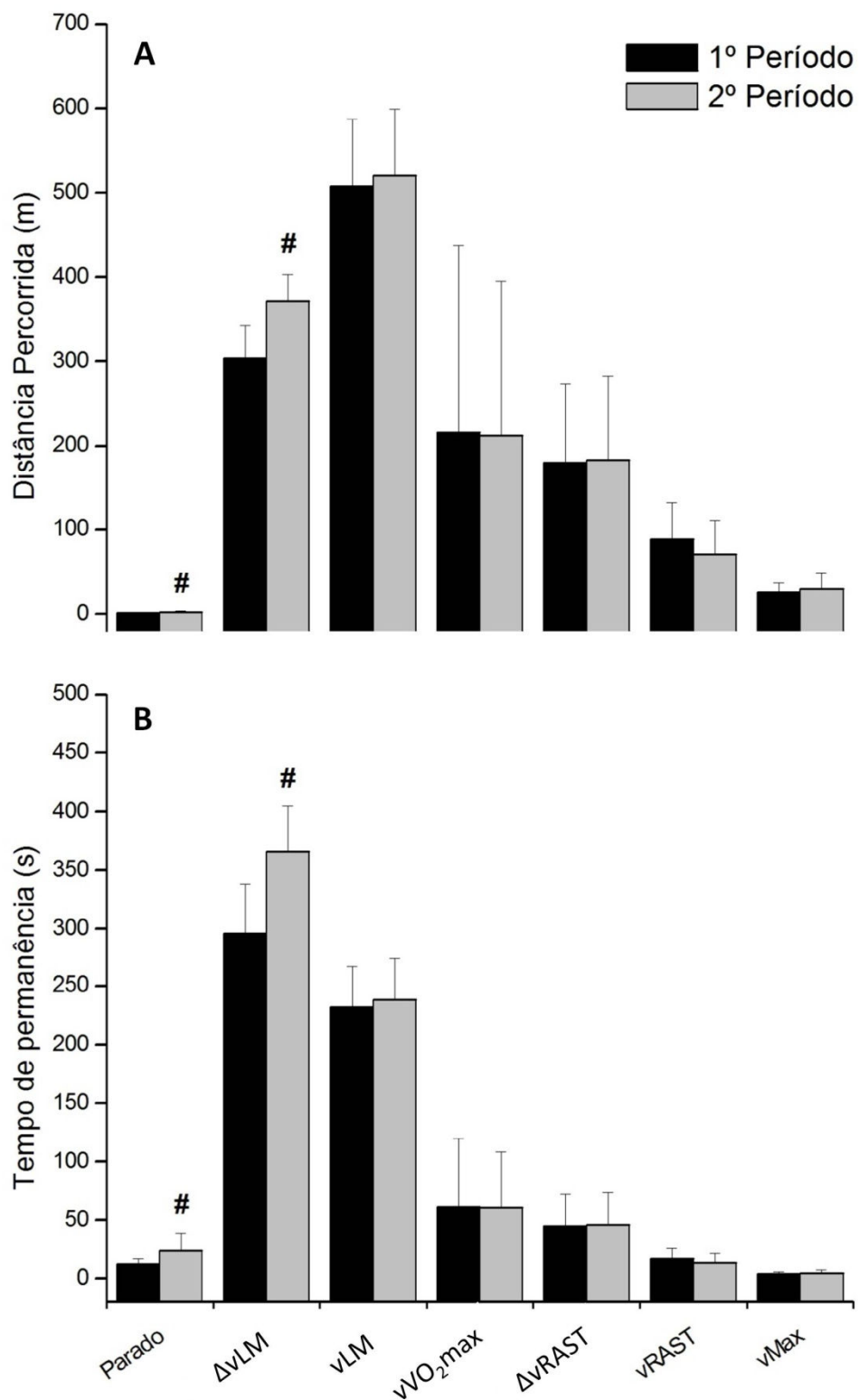
As contribuições energéticas absolutas e percentuais de cada via metabólica durante o RAST são apresentadas na Tabela 3.2. A contribuição do metabolismo aeróbio foi calculada de duas maneiras, para todo o RAST e somente para os *sprints*, e ambos formatos foram considerados em composições separadas (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2.** Contribuição de cada via metabólica durante o RAST, nas duas composições possíveis, considerando todo o teste e considerando somente os *sprints*.

| Composição                                                       | Aeróbio      | Lático       | Ala          |
|------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b><i>Participação energética absoluta (L.O<sub>2</sub>)</i></b> |              |              |              |
| <b>1.Aer<sub>total</sub> + L + Ala</b>                           | 3,63 ± 0,70  | 3,37 ± 0,81  | 3,02 ± 0,66  |
| <b>2.Aer<sub>sprint</sub> + L + Ala</b>                          | 1,54 ± 0,34  | 3,37 ± 0,81  | 3,02 ± 0,66  |
| <b><i>Participação energética percentual (%)</i></b>             |              |              |              |
| <b>1.Aer<sub>total</sub> + L + Ala</b>                           | 36,09 ± 3,94 | 33,72 ± 7,44 | 30,19 ± 5,31 |
| <b>2.Aer<sub>sprint</sub> + L + Ala</b>                          | 19,34 ± 2,65 | 42,43 ± 8,31 | 38,23 ± 7,17 |

**Aer<sub>total</sub>**: contribuição do metabolismo aeróbio durante todo o RAST; **Aer<sub>sprint</sub>**: contribuição do metabolismo aeróbio durante os *sprints* do RAST; **L**: contribuição do metabolismo anaeróbio láctico; **Ala**: contribuição do metabolismo anaeróbio alático.

Quando comparados primeiro e segundo períodos da simulação de jogo, diferenças significativas foram encontradas nas distâncias percorridas nas faixas de velocidade parado e  $\Delta v_{LM}$  ( $p = 0,009$  e  $0,002$ ; respectivamente) e no tempo de permanências das mesmas faixas de velocidade ( $p = 0,027$  e  $0,002$ ; respectivamente), sendo que em ambas as condições, foram verificados maiores valores para o segundo período da simulação (Figura 3.4).



**Figura 3.4. A:** Distância percorrida em cada faixa de velocidade. **B:** Tempo de permanência em cada faixa de velocidade. #  $p < 0,05$ . **Parado:** de 0 até  $0,72 \text{ km/h}^{-1}$ ;  **$\Delta v_{LM}$ :** de  $0,73 \text{ km/h}^{-1}$  até 50% do valor relativo a diferença entre  $v_{LM}$  e Parado;  **$v_{LM}$ :** de  $\Delta v_{LM}$  até  $v_{LM}$ ;  **$v_{VO_2max}$ :** de  $v_{LM}$  até  $v_{VO_2max}$ ;  **$\Delta v_{RAST}$ :** de  $v_{VO_2max}$  até 50% do valor relativo a diferença entre  $v_{RAST}$  e  $v_{VO_2max}$ ;  **$v_{RAST}$ :** de  $\Delta v_{RAST}$  até  $v_{RAST}$ ; e  **$v_{Max}$ :** de  $v_{RAST}$  até a velocidade máxima atingida durante a simulação do jogo.

Ainda na comparação entre primeiro e segundo períodos da simulação, houve diminuição da velocidade média ( $p = 0,01$ ), sem diferenças significativas na velocidade pico e números de *sprints* realizados (Tabela 3.3). Também foram encontradas diferenças significativas durante o monitoramento fisiológico do jogo entre as médias do primeiro e segundo períodos para a frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço, sem alterações da concentração de lactato (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3.** Valores médios e desvio padrão durante primeiro e segundo períodos da simulação do jogo da velocidade máxima, velocidade média, número de *sprints*, média da concentração de lactato, média da percepção subjetiva de esforço e média da frequência cardíaca.

|                                                                  | 1º Período    | 2º Período               |
|------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------|
| <b><i>Variáveis rastreamento semi-automático</i></b>             |               |                          |
| <b>Vmax</b> (km/h)                                               | 26,36 ± 2,69  | 25,44 ± 2,24             |
| <b>Vmed</b> (km/h)                                               | 7,10 ± 0,73   | 6,65 ± 0,73 <sup>#</sup> |
| <b>Nsprints</b> (U. A.)                                          | 4,13 ± 1,96   | 4,75 ± 2,71              |
| <b><i>Variáveis monitoramento fisiológico simulação jogo</i></b> |               |                          |
| <b>FC</b> (bpm)                                                  | 156,17 ± 9,22 | 159,46 ± 11,17           |
| <b>PSE</b> (U. A.)                                               | 10,54 ± 1,56  | 12,13 ± 2,32             |
| <b>[Lac]jogo</b> (mmol.L <sup>-1</sup> )                         | 4,60 ± 1,60   | 4,48 ± 2,53              |

**Vmax:** Velocidade máxima durante o jogo; **Vmed:** Velocidade média durante o jogo; **Nsprints:** Número de *sprints* realizados durante o jogo; **FC:** frequência cardíaca média durante o jogo; **PSE:** percepção subjetiva de esforço média durante o jogo; **U.A.:** unidades arbitrárias; **[Lac]jogo:** concentração média de lactato durante o jogo. #  $p < 0,05$ .

Quando foram verificadas possíveis associações entre os valores resultantes do RAST, lactato mínimo e monitoramento da simulação do jogo, a velocidade máxima atingida durante a simulação correlacionou-se fortemente apenas com a frequência cardíaca média do jogo. Já a velocidade média durante a simulação apresentou fortes correlações negativas com o índice de fadiga absoluto durante o RAST e a concentração média de lactato durante o jogo simulado, entretanto a velocidade média também se associou positivamente com as intensidades relativas ao lactato mínimo e consumo máximo de oxigênio. Ainda, o número de *sprints* apresentou forte associação com a potência média durante o RAST (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4.** Valores de correlação de Pearson entre as variáveis provenientes do RAST, lactato mínimo e monitoramento da simulação de jogo e as variáveis do rastreamento.

|                                                                  | <b>Vmax</b> | <b>Vmed</b>        | <b>Nsprints</b>   |
|------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|
| <b><i>Variáveis RAST</i></b>                                     |             |                    |                   |
| <b>PP (W)</b>                                                    | -0,03       | 0,00               | 0,21              |
| <b>PMed (W)</b>                                                  | -0,17       | 0,48               | 0,73 <sup>#</sup> |
| <b>PMin (W)</b>                                                  | -0,17       | 0,60               | 0,58              |
| <b>IF% (%)</b>                                                   | 0,12        | -0,40              | -0,27             |
| <b>IF (W.s<sup>-1</sup>)</b>                                     | 0,19        | -0,79 <sup>#</sup> | -0,65             |
| <b><i>Variáveis lactato mínimo</i></b>                           |             |                    |                   |
| <b>VO<sub>2</sub>max (L.min<sup>-1</sup>)</b>                    | 0,42        | 0,49               | 0,34              |
| <b>VO<sub>2</sub>max (ml.kg.min<sup>-1</sup>)</b>                | 0,24        | 0,64               | 0,15              |
| <b>vVO<sub>2</sub>max (km.h<sup>-1</sup>)</b>                    | -0,27       | 0,71 <sup>#</sup>  | 0,01              |
| <b>vLM (km.h<sup>-1</sup>)</b>                                   | -0,20       | 0,81 <sup>#</sup>  | 0,08              |
| <b><i>Variáveis monitoramento fisiológico simulação jogo</i></b> |             |                    |                   |
| <b>FC (bpm)</b>                                                  | 0,35        | -0,70              | 0,25              |
| <b>PSE (U. A.)</b>                                               | -0,26       | -0,30              | 0,11              |
| <b>[Lac]jogo (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>                           | 0,00        | -0,76 <sup>#</sup> | 0,10              |
| <b>[Lac]pico_jogo (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>                      | 0,04        | -0,72 <sup>#</sup> | 0,18              |

**PP:** potência pico; **PMed:** potência média; **PMin:** potência mínima; **IF%:** índice de fadiga percentual; **IF:** índice de fadiga absoluto; **VO<sub>2</sub>max:** consumo máximo de oxigênio; **vVO<sub>2</sub>max:** intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio; **vLM:** intensidade referente a concentração mínima de lactato durante o protocolo de lactato mínimo; **FC:** frequência cardíaca média durante o jogo; **PSE:** percepção subjetiva de esforço média durante o jogo; **U.A.:** unidades arbitrárias; **[Lac]jogo:** concentração média de lactato durante o jogo; **[Lac]pico\_jogo:** concentração pico de lactato durante o jogo. **Vmax:** Velocidade máxima atingida durante o jogo; **Vmed:** Velocidade média durante o jogo; **Nsprints:** Número de *sprints* realizados durante o jogo. #  $p > 0,05$ .

Em relação às possíveis associações entre os valores das participações energéticas durante o RAST e as variáveis do rastreamento semi-automático da simulação de jogo, foram encontradas fortes correlações positivas entre a contribuição absoluta do metabolismo aeróbio em ambas composições e a contribuição percentual do metabolismo aeróbio da composição 2 com o número de *sprints* realizados durante a simulação do jogo de futsal (Tabela 3.5).

**Tabela 3.5.** Valores de correlação de Pearson entre as variáveis da contribuição energética durante o RAST e as variáveis do rastreamento.

|                                                                  | <b>Vmax</b> | <b>Vmed</b> | <b>Nsprints</b>   |
|------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------------|
| <b><i>Participação energética absoluta (L.O<sub>2</sub>)</i></b> |             |             |                   |
| <b>Aer<sub>total</sub></b>                                       | 0,40        | 0,25        | 0,82 <sup>#</sup> |
| <b>Aer<sub>sprint</sub></b>                                      | 0,44        | 0,17        | 0,85 <sup>#</sup> |
| <b>L</b>                                                         | -0,19       | -0,16       | 0,00              |
| <b>Ala</b>                                                       | 0,51        | 0,54        | 0,20              |
| <b><i>Participação energética percentual – Composição 1</i></b>  |             |             |                   |
| <b>Aer<sub>total</sub></b>                                       | 0,16        | -0,01       | 0,66              |
| <b>L</b>                                                         | -0,45       | -0,37       | -0,32             |
| <b>Ala</b>                                                       | 0,24        | 0,53        | 0,67              |
| <b><i>Participação energética percentual – Composição 2</i></b>  |             |             |                   |
| <b>Aer<sub>sprint</sub></b>                                      | 0,27        | -0,07       | 0,78 <sup>#</sup> |
| <b>L</b>                                                         | -0,46       | -0,41       | -0,25             |
| <b>Ala</b>                                                       | 0,39        | 0,46        | -0,03             |

**Aer<sub>total</sub>**: contribuição do metabolismo aeróbio durante todo o RAST; **Aer<sub>sprint</sub>**: contribuição do metabolismo aeróbio durante os *sprints* do RAST; **L**: contribuição do metabolismo anaeróbio láctico; **Ala**: contribuição do metabolismo anaeróbio alático; **Vmax**: Velocidade máxima atingida durante o jogo; **Vmed**: Velocidade média durante o jogo; **Nsprints**: Número de *sprints* realizados durante o jogo. <sup>#</sup> p > 0,05.

### 3.6. Discussão

O presente estudo teve como objetivo verificar as possíveis associações entre os padrões de deslocamento durante jogo simulado de futsal e os índices fisiológicos aferidos durante protocolo de lactato mínimo com as contribuições energético-metabólicas durante *sprints* repetidos. Os principais achados do presente estudo foram a diminuição da *performance* de deslocamento durante a simulação de jogo de futsal ilustrada pela queda significativa da velocidade média e aumento da distância percorrida e tempo de permanência em faixas de velocidade de baixa intensidade (parado e  $\Delta vLM$ ) quando comparados primeiro e segundo períodos, as fortes associações positivas entre a velocidade média durante o jogo e os parâmetros de capacidade e potência aeróbia ( $vLM$  e  $vVO_{2max}$ ), as correlações inversas entre velocidade média e as concentrações média e pico de lactato durante o jogo, além das fortes correlações entre as contribuições absoluta (para ambas as composições) e percentual (para a composição 2) do metabolismo aeróbio com o número de *sprints* realizados durante a simulação de jogo.

Em relação aos resultados obtidos da análise das distâncias percorridas em diferentes intensidades, Barbero-Alvarez e colaboradores (2008) verificaram condição semelhante aos resultados do presente estudo, contudo em atletas profissionais (i.e. aumento da distância percorrida no segundo período em faixas de velocidade de baixa intensidade). Entretanto no estudo anteriormente citado, as faixas de intensidade são determinadas de acordo com velocidades fixas, não considerando condições específicas individuais, fazendo que a forma de análise apresentada no presente estudo represente um avanço em relação a trabalhos dessa natureza, pois resultam em informações mais precisas e individualizadas normalizando a carga de trabalho realizada por cada atleta e caracterizando a demanda energética durante a prática do futsal.

Ainda em relação às comparações entre primeiro e segundo períodos da simulação, foi verificada queda significativa da velocidade média. Castagna et al. (2009) realizaram simulação bastante semelhante com atletas profissionais (4 tempos de 10 min com 5 min de recuperação) e verificaram diminuição significativa da distância percorrida por minuto durante o terceiro e quarto tempos da simulação, entretanto, os autores são categóricos em afirmar que não foi encontrada nenhuma correlação significativa entre os padrões de deslocamento durante a simulação e variáveis fisiológicas (i.e.  $\text{VO}_{2\text{max}}$  e  $\text{vVO}_{2\text{max}}$ ). Uma possibilidade para ausência de associações no estudo de Castagna e colaboradores (2009) é a não determinação das faixas de intensidade durante a simulação de jogo em “âncoras” fisiológicas como no presente estudo, visto que a amostra abordada, apesar de ser composta por atletas profissionais, apresentava grande variabilidade de condicionamento físico (i.e.  $\text{VO}_{2\text{max}}$  53,8 – 75,8  $\text{ml.kg.min}^{-1}$ ) o que pode ter afetado a análise proposta.

Em relação às vias metabólicas de fornecimento de energia, as fortes associações entre a velocidade média e as intensidades referentes ao lactato mínimo e consumo máximo de oxigênio reiteram a importância do desenvolvimento do metabolismo aeróbio como, se não a via metabólica que determine rendimento ótimo, o sistema metabólico que otimiza a recuperação entre os esforços de alta intensidade com curtos períodos de repouso (BISHOP et al., 2004). Entretanto os valores de intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio devem ser visto com cautela, pois Dantas De Luca e colaboradores (2003) verificaram que durante o momento incremental do protocolo de lactato mínimo, apesar do valor de consumo máximo de oxigênio não se alterar, a intensidade relativa pode ser ligeiramente subestimada, sendo essa uma limitação do presente estudo.

A associação do número de *sprints* com as contribuições energética do metabolismo aeróbio durante o RAST, tanto absoluta (para ambas as composições) quanto percentual (para

composição 2), evidenciam o importante papel dessa via metabólica no desempenho de *sprints* repetidos (BISHOP et al., 2004). Além disso, tem sido demonstrado que um sistema aeróbio bem desenvolvido colabora sensivelmente para uma menor necessidade de ativação da via glicolítica (BISHOP e EDGE, 2006) e uma recuperação otimizada entre os esforços (UFLAND et al., 2013, FAISS et al., 2013).

Aparentemente jogadores com maiores valores de potência aeróbia conseguem jogar de forma energeticamente menos custosa (CASTAGNA et al., 2009), haja visto os valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  sugeridos para prática profissional do futsal, em torno de  $60 \text{ ml.kg.min}^{-1}$  (BARBERO-ALVAREZ et al., 2008), condição não observada na amostra do presente estudo. Logo os valores moderados de aptidão aeróbia apresentados pelos voluntários no presente estudo, possivelmente acarretam no recrutamento considerável da via glicolítica (i.e. [Lac]jogo e [Lac]pico\_jogo) como uma tentativa de sustentação da intensidade do exercício, a qual colabora substancialmente com a acidificação do interstício intramuscular, diminuição do pH em virtude da ineficiência do sistema tampão em suprimir a ação dos íons  $\text{H}^+$  e consequente perda de *performance* metabólica e neuromuscular (UFLAND et al., 2013, FAISS et al., 2013). Tais condições são confirmadas pelas fortes associações inversas observadas entre as concentrações pico e média de lactato durante a simulação com a velocidade média realizada.

Algumas limitações do presente estudo devem ser abordadas, como por exemplo, as coletas de lactato e frequência cardíaca durante a simulação de jogo foram feitas por meio de um único ponto sendo possível a interveniência de pontos *outliers* em função de eventos não controlados durante os procedimentos. Ainda, os presentes dados (FC e [Lac]) refletem as atividades realizadas imediatamente antes da coleta e não propriamente o comportamento dessas variáveis durante o período investigado da simulação de jogo (BANGSBO et al., 2007).

Futuros estudos devem, além de caracterizar as demandas energético-metabólicas e padrões de deslocamento durante a prática de esportes intermitentes como o futsal, desprender especial atenção às condições neuromusculares durante esse tipo de tarefa, visto que essa análise não foi contemplada no presente estudo e a literatura tem sido enfática em relatar queda da *performance* neuromuscular, tanto em questões centrais (i.e. geração do *drive* motor), quanto periféricas (i.e. transmissão do impulso contrátil), durante a realização de *sprints* repetidos (RACINAIS et al., 2007; MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2012; UFLAND et al., 2013; FAISS et al., 2013; GIRARD et al., 2013). Não menos importante é a investigação de atletas de nível superior aos da presente amostra (i.e. profissionais).

### 3.7. Conclusão

Os padrões de movimento realizados no futsal acarretam na diminuição da *performance*. Além disso, as correlações encontradas no presente estudo sugerem que atletas de futsal devem ter um sistema aeróbio bem desenvolvido visando atenuar a atividade da via glicolítica em função do desequilíbrio ocasionado pelo acúmulo dos metabólitos gerados por esse sistema, conferindo a possibilidade de restauração dos estoques intramusculares de PCr e o funcionamento adequado do sistema anaeróbio alático, aparentemente o maior responsável por determinar altas performances em *sprints* repetidos.

## **CAPÍTULO 4**

### **Estudo 3:**

**Associações de parâmetros fisiológicos e neuromusculares com o padrão de deslocamento e *performance* do chute de finalização de jogadores profissionais de futsal**

#### 4.1. Resumo

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência dos padrões de deslocamento e demandas fisiológicas e neuromusculares de uma simulação do jogo de futsal na *performance* do chute de finalização de 10 m (tiro livre). Nove atletas profissionais participaram do estudo (idade:  $22,20 \pm 2,53$  anos;  $VO_{2max}$ :  $50,57 \pm 4,85$  ml.kg.min<sup>-1</sup>) e inicialmente realizaram protocolo incremental para a determinação do limiar anaeróbio (LAn), do consumo máximo de oxigênio e sua intensidade relativa ( $VO_{2max}$  e  $vVO_{2max}$ ). Em seguida foram realizados jogos simulados compostos por tempos de 10 min, monitorados quanto à frequência cardíaca e concentração de lactato e filmados integralmente para posterior rastreamento semi-automático das distâncias percorridas. Ainda, os atletas foram avaliados em relação aos parâmetros neuromusculares por meio de contrações isométricas voluntárias máximas superimpostas por estímulos elétricos supramáximos, monitoradas quanto à produção de força e sinal eletromiográfico. Antes, durante e depois dos jogos, os atletas também realizaram baterias de chutes de finalização monitoradas quanto a velocidade atingida pela bola e acurácia das tentativas em relação a um alvo pré-estabelecido. Dentre os principais resultados não foram verificadas alterações significativas das variáveis fisiológicas durante a simulação e da *performance* nas baterias de chute, contudo o desempenho dos padrões de deslocamento (distância total percorrida e velocidade média) assim como as variáveis neuromusculares (força pico e percentual de ativação voluntária) apresentaram queda significativas. Logo, é possível concluir que apesar das demandas exigidas pelo futsal gerarem quedas significativas do desempenho dos deslocamentos e padrões neuromusculares, com importante viés de fadiga central, aparentemente essa condição não afeta a *performance* dos chutes de finalização.

#### 4.2. Introdução

Esportes coletivos possuem características específicas quanto às demandas neuromusculares e metabólico-energéticas em função, especialmente, da necessidade recorrente da realização de ações de altíssima intensidade com espaços de tempo proporcionalmente curto para recuperação (GABBETT et al., 2008). No caso específico do futsal, durante cerca de 5 e 12 % do tempo total de jogo são realizados sprints e corridas de alta intensidade, respectivamente (BARBERO-ALVAREZ et al., 2008).

O primeiro passo no estudo de esportes intermitentes como o futsal é quantificar as ações executadas durante sua prática, e nesse sentido são escassos os estudos que abordaram o

futsal como objeto. Castagna e colaboradores (2009) verificaram por meio de análises de vídeo que durante simulação de jogo de futsal atletas profissionais percorrem cerca de 121 m.min<sup>-1</sup>, executando *sprints* a cada 79 s em média. Com relação às demandas fisiológicas, jogadores profissionais atingem 75 e 90 % do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) e frequência cardíaca máxima (FCmax), respectivamente, além de apresentarem média de concentração sanguínea de lactato de 5,3 mmol.L<sup>-1</sup>.

O alto requerimento físico necessário para prática do futsal induz a instauração do processo de fadiga e consequente diminuição da *performance* de tarefas técnicas como o chute de finalização, possivelmente a ação mais importante do jogo uma vez que o objetivo é marcar gols a partir de chutes na bola (FERRAZ et al., 2012). A maior parte dos estudos que avaliaram a influência de cenários fatigantes frente o desempenho do chute de finalização, o fizeram para o futebol e a partir de circuitos que simulam as demandas energéticas do jogo, sendo que uma parte desses estudos constataram queda de *performance* dos chutes quanto a velocidade da bola (FERRAZ et al., 2012), acurácia e exatidão (ALI et al., 2007) e ambos (RUSSELL et al., 2011), e outra parte não verificaram diferenças (CURRELL et al., 2009; CARLING e DUPONT, 2011).

A repetição dessas ações durante o período de jogo, além do recrutamento severo das vias aeróbia e anaeróbias de produção de energia, contribuem para indução do processo de fadiga neuromuscular, diminuindo os níveis de força (GANDEVIA, 2001) e afetando diretamente no desempenho de tarefas explosivas (BRADLEY et al., 2010) como o chute de finalização. Ainda, tampouco se sabe quanto à característica central ou periférica do processo de fadiga neuromuscular instaurado pelas ações do jogo, sendo que Robineau et al. (2012) verificaram queda do pico de torque isométrico e do RMS do sinal eletromiográfico (EMG) do quadríceps femoral no intervalo e ao final da simulação de jogo de futebol, sem alterações significativas para o pico de força induzida por estímulo elétrico supramáximo no músculo relaxado.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi verificar as possíveis associações entre parâmetros fisiológicos e neuromusculares com padrões de deslocamento e a *performance* do chute de finalização em jogadores profissionais de futsal. Hipotetizamos que a *performance* tanto dos padrões de deslocamento quanto dos chutes de finalização (velocidade da bola e acurácia) diminuam a medida que avança a simulação de jogo de futsal, além disso, esperamos que haja diminuição substancial dos padrões neuromusculares, em função da instauração d processo de fadiga com caráter central e periférico, e que essas condições apresentassem fortes associações.

### 4.3. Materiais e métodos

#### 4.3.1. Sujeitos

Participaram do estudo 9 jogadores profissionais de futsal (idade:  $22,20 \pm 2,53$  anos; peso:  $72,69 \pm 8,45$  kg; estatura:  $173,56 \pm 6,67$  cm;  $VO_2\text{max}$ :  $50,57 \pm 4,85$  ml.kg.min<sup>-1</sup>), sem histórico de lesões músculo-esqueléticas crônicas, com frequência de 6 a 8 sessões de treinamentos semanais e até dois jogos oficiais por semana.

Todos os atletas participaram voluntariamente do estudo e foram instruídos a não mudarem os hábitos alimentares durante o período de testes, não ingerirem álcool ou qualquer tipo de bebida estimulante. Foram evitados exercícios físicos pesados na sessão de treinamento do dia anterior à realização dos protocolos. Todos os procedimentos foram conduzidos de acordo com os termos do Comitê de Ética em pesquisa local (Protocolo nº 5069 de 18/07/2012).

#### 4.3.2. Procedimentos experimentais

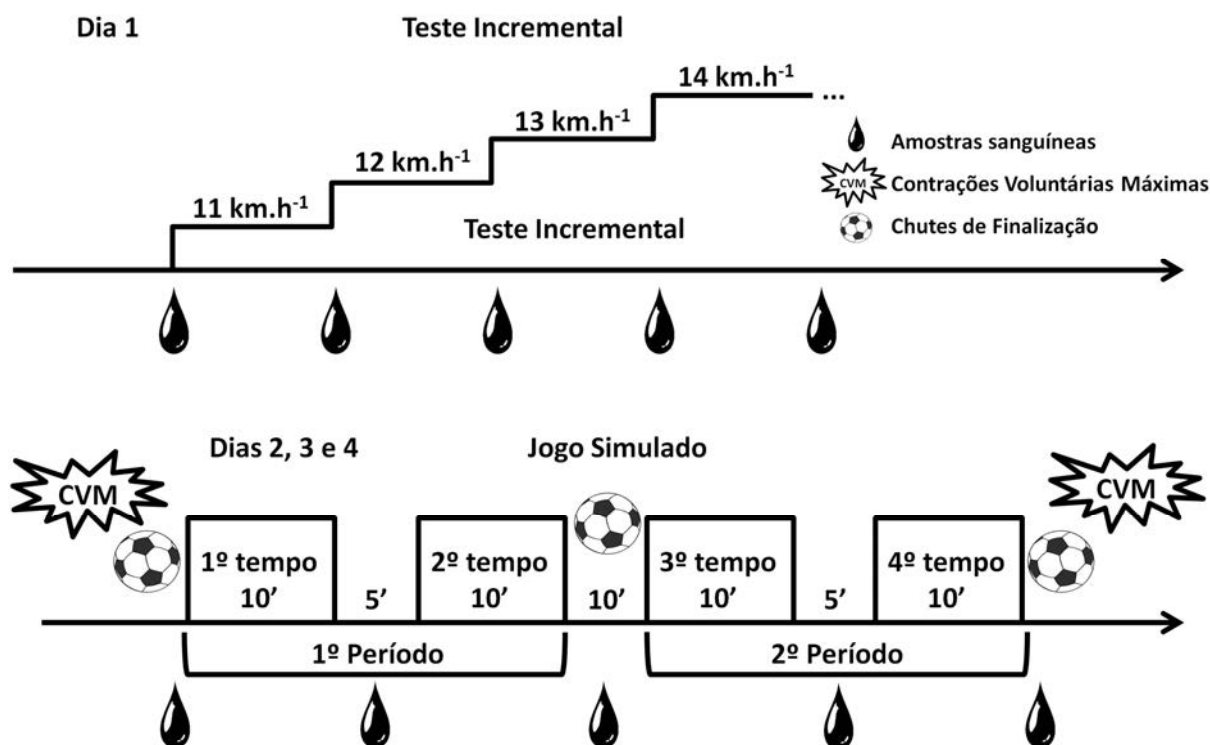
Os participantes iniciaram o teste incremental em esteira ergométrica, com velocidade inicial de 11 km.h<sup>-1</sup> e incremento de 1 km.h<sup>-1</sup> a cada 3 min até a exaustão voluntária ou incapacidade de manter a velocidade do estágio para determinação do limiar anaeróbio (LAn) e consumo máximo de oxigênio ( $VO_2\text{max}$ ).

Após 48 h os atletas foram divididos randomicamente e participaram de três jogos simulados compostos por quatro tempos de 10 min com repouso de 5 min entre os tempos e de 10 min entre os períodos (CASTAGNA et al., 2009). Os jogos foram filmados integralmente para posterior rastreamento semi-automático do deslocamento dos participantes. Previamente e ao final da simulação, os atletas realizaram duas contrações isométricas voluntárias máximas (CVM) monitoradas quanto à produção de força e ao sinal eletromiográfico (EMG) do músculo vasto lateral (VL) da perna dominante. Durante as CVMs, os participantes receberam estímulos elétricos supramáximos no nervo femoral, visando superimpor a magnitude da contração voluntária evocada (*Twitch Interpolation*).

Antes do início da simulação, no intervalo entre o segundo e terceiro tempos e ao final da simulação, os participantes realizaram de forma imediata uma bateria de três chutes de

finalização, a uma distância de 10 m do gol para verificação da velocidade da bola, precisão e acurácia dos chutes.

Durante os jogos simulados, foram avaliadas a frequência cardíaca (Polar Team®, Kempele, Finlândia) durante toda a simulação batimento a batimento, e a concentração de lactato sanguíneo em momentos específicos (Figura 4.1).



**Figura 4.1.** Organograma das avaliações e jogos simulados.

#### 4.3.3. Determinação do limiar anaeróbio

O protocolo incremental iniciava a  $11 \text{ km.h}^{-1}$  com incremento de  $1 \text{ km.h}^{-1}$  a cada estágio de 3 min e 1 % de inclinação. A cada estágio amostras sanguíneas ( $25 \mu\text{L}$  do lóbulo da orelha) foram coletadas em tubos capilares heparinizados calibrados previamente ao início do protocolo, em períodos de não mais de 20 segundos, para posterior análise em lactímetro YSI 1500 SPORTS (YSI®, Ohio, USA) e determinação da concentração de lactato sanguíneo.

A escolha da intensidade inicial, bem como a configuração do protocolo incremental possibilitou a determinação do LAn por meio da realização de, em média, 5 estágios progressivos de velocidade (por volta de dois abaixo e dois acima da intensidade de LAn). Para sete participantes o LAn foi determinado por meio de ajuste bi-segmentado (PAPOTI et al., 2009), de modo que a intersecção das duas retas de ajuste foi assumida como a intensidade relativa ao LAn. Entretanto em dois participantes os pontos obtidos da relação entre a

concentração de lactato sanguíneo e as intensidade do teste incremental não formaram curva característica, sendo o LAn determinado a partir da intensidade relativa a concentração fixa de 4 mmol.L<sup>-1</sup> segundo proposta de Heck et al. (1985), a qual corrobora com a concentração média de LAn do grupo de  $3,71 \pm 0,75$  mmol.L<sup>-1</sup>.

#### **4.3.4. Mensuração das trocas gasosas**

A ventilação, VO<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> foram monitoradas durante todo o protocolo (RAST e lactato mínimo), respiração-a-respiração, utilizando ergoespirômetro por telemetria Metalyzer 3B (Cortex®, Leipzig, Alemanha). O equipamento era calibrado previamente a todos os testes com ar ambiente e uma alíquota de gás conhecido de acordo com as especificações do fabricante.

Os pontos obtidos foram plotados em função do tempo de teste e possibilitando a retirada dos *outliers* (OriginPro 8.0 - OriginLab Corporation - Microcal®, USA). Para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max) durante a fase incremental dos testes, foi calculada a média dos pontos interpolados dos últimos 30 s do VO<sub>2</sub> de cada estágio, e assumido o maior valor encontrado. O critério para a identificação da intensidade referente ao VO<sub>2</sub>max (vVO<sub>2</sub>max) foi adaptado de Gordon et al. (2010) e assumida como a menor velocidade de estágio na qual a variação do VO<sub>2</sub>max foi menor ou igual a 2 ml.kg.min<sup>-1</sup>.

O protocolo incremental teve duração de  $14,06 \pm 3,45$  min, atingido tempo ideal proposto por Midgley e colaboradores (2008) para determinação precisa do VO<sub>2</sub>max e sua velocidade relativa (vVO<sub>2</sub>max).

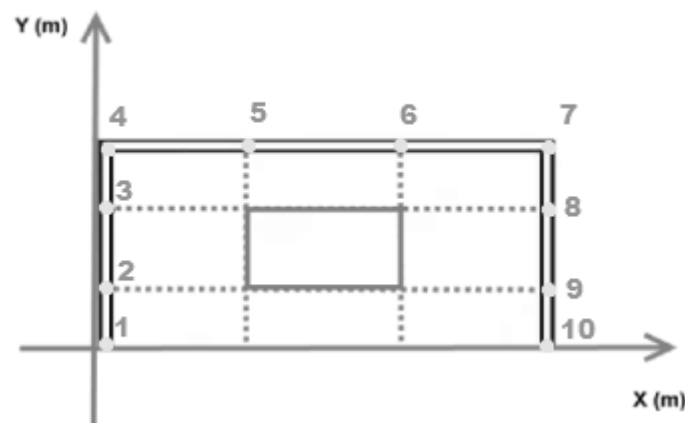
#### **4.3.5. Jogo Simulado e baterias de chutes de finalização**

Os nove atletas foram avaliados de maneira randomizados, três a cada dia de avaliação. Foram realizados três jogos simulados compostos quatro tempos de 10 min com 5 min de intervalo entre os tempos e 10 min de intervalo entre os períodos. Essa composição de jogo simulado foi uma adaptação da proposta de Castagna e colaboradores (2009).

Cada integrante da equipe investigada realizou baterias de três chutes previamente ao início da simulação de jogo, ao final do primeiro período e imediatamente após toda simulação, para efeito de comparação do desempenho. A ordem dos chutadores foi randomizada e obedecida nas três baterias de chutes.

As baterias de chutes foram realizadas com a bola parada há dez metros do gol (tiro livre). No centro do gol foi fixado um alvo de  $1\text{m}^2$  (BARBIERI et al., 2010) e os participantes foram orientados a executarem os chutes no alvo e com o máximo de velocidade em uma bola padronizada para categoria adulta pela FIFA (*Fédération Internationale de Football Association*) quanto ao tamanho e peso.

Para as medidas de acurácia, todas as tentativas foram registradas por uma câmera de vídeo digital (Casio Exilim EX-F1) ajustada a uma frequência de 60 Hz em HD (720p). Posteriormente, as imagens foram transferidas para o computador para que por meio do software DVIDEOW<sup>®</sup> fossem realizados os procedimentos de conversão das imagens originais para o formato AVI (*Audio-Video Interleave*). Para análise, considerou-se o frame de imagem no qual a bola transpassa o plano de gol, sendo que, este plano foi calibrado em 2D com base em 10 pontos com posição conhecida nos eixos x e y, e então calculada a distância euclidiana entre a posição da bola no instante em que transpassa o plano de gol com relação ao ponto mais próximo no alvo (BARBIERI et al., 2010) (Figura 4.2).

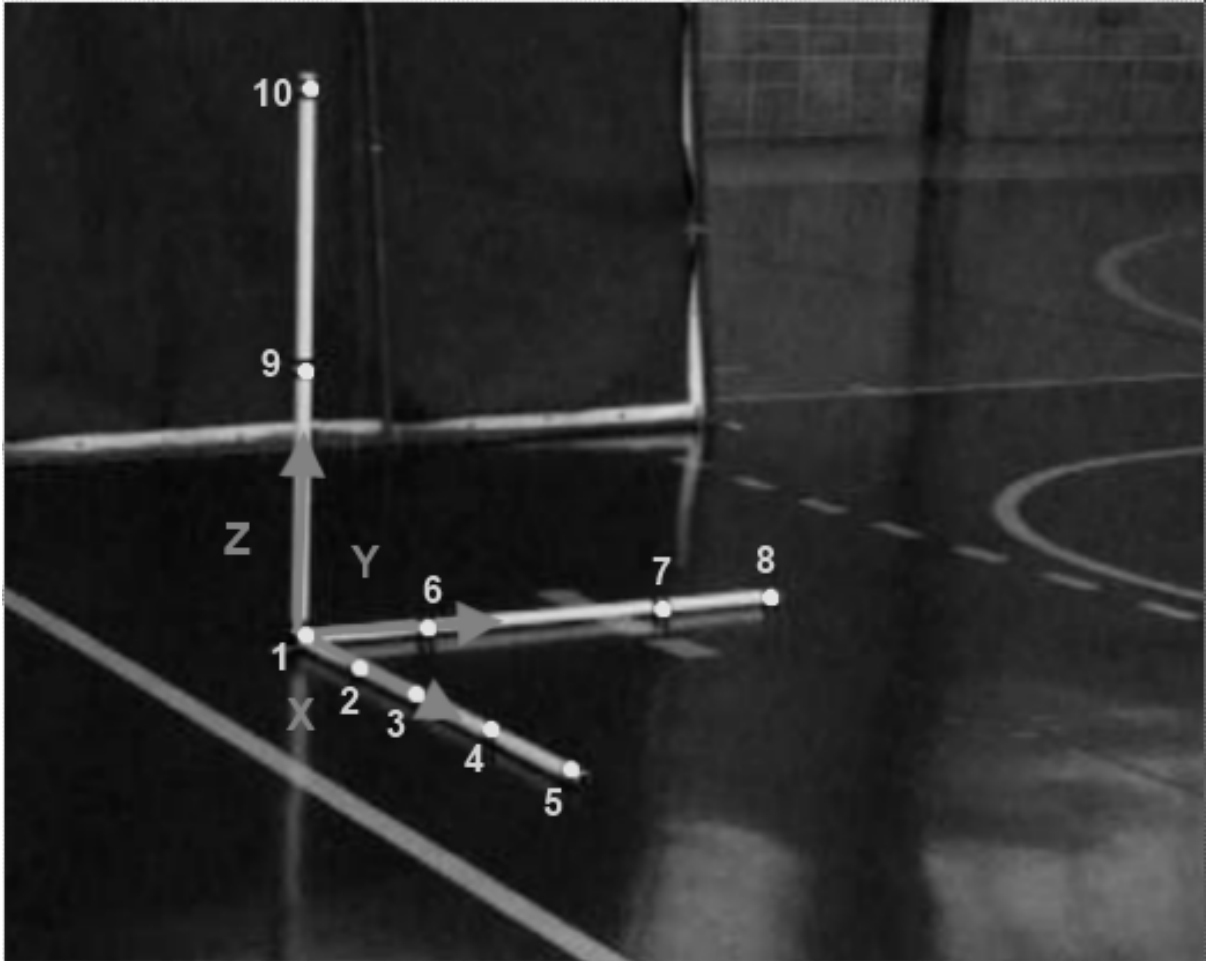


**Figura 4.2.** Enquadramento da câmera posicionada frontalmente ao plano de gol e pontos utilizados para a calibração 2D e alocação do alvo de  $1\text{m}^2$  ao centro do gol.

Por meio de uma rotina específica desenvolvida em ambiente Matlab<sup>®</sup> (The MathWorks Inc, Natick, MA, USA), foi possível calcular a acurácia das tentativas de maneira semelhante ao estudo de Bacvarecic et al. (2012). A acurácia é definida como uma medida de erro absoluto e diz respeito ao desvio das tentativas, em metros, em relação ao alvo pré-estabelecido (BACVARECIC et al., 2012).

Para mensuração da velocidade da bola, foram realizadas filmagens de todas as tentativas por duas câmeras de vídeo digitais (Casio Exilim EX-FH25) ajustadas a uma frequência de 240 Hz, “shutter” de  $1/250$  s, foco manual, e posicionadas lateralmente à 2m da posição inicial da bola antes do chute.

O ambiente foi calibrado com material rígido ( $1 \times 1 \times 1$  m) contendo 10 pontos com coordenadas 3D conhecidas em relação a origem adotada, e que foram confeccionados utilizando material reflexivo (1 cm). O eixo y é horizontal (apontando para o centro do gol) e o eixo z é vertical (apontando para cima), e o eixo x é o produto vetorial de y e z (Figura 4.3).

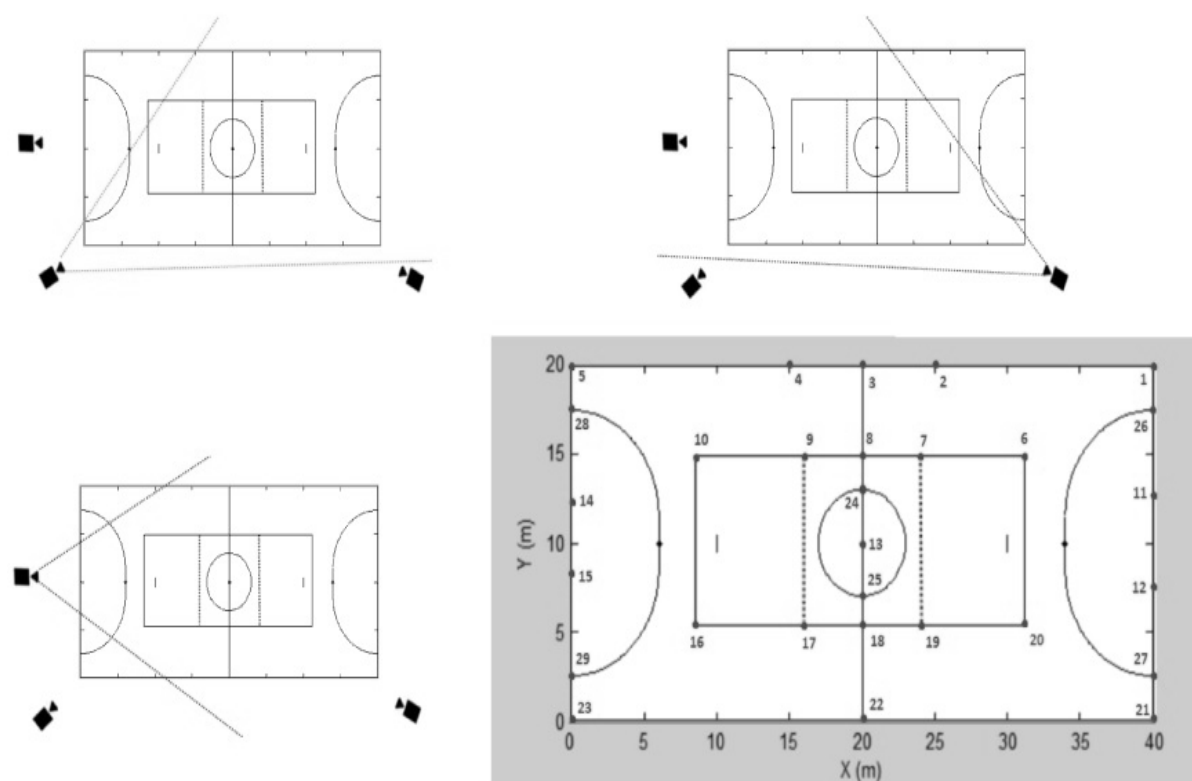


**Figura 4.3.** Objeto rígido com os dez pontos fixos utilizados para definição dos eixos x, y e z.

Posteriormente as imagens foram transferidas para o computador e, executados os processos de conversão das sequências de imagens originais para o formato AVI, sincronização das duas câmeras, calibração, medição manual e reconstrução tridimensional das sequências de imagens por meio do software DVIDEO<sup>®</sup> (BARROS et al., 2007). Foram considerados dez quadros após o contato do pé com a bola e assim, por meio de uma rotina específica desenvolvida em ambiente Matlab<sup>®</sup> (The MathWorks Inc, Natick, MA, USA), foi possível calcular a velocidade da bola, como sendo o resultado da distância percorrida pela bola dividida pelo tempo do percurso. Para efeito de comparação, foram assumidas as tentativas que atingiram maior velocidade durante a execução (Velocidade pico).

### 4.3.6. Rastreamento semi-automático

Todas as simulações foram filmadas de maneira integral por três câmeras de vídeo digitais (SONY® DCD-SR21) ajustadas a uma frequência de 30 Hz em HD (720p) alocadas em pontos específicos dos locais mais altos do ginásio onde ocorreram as simulações, de tal forma que o posicionamento das câmeras propiciou o enquadramento de toda área de jogo. Posteriormente, as imagens foram transferidas para o computador e por meio do software DVIDEOW® (BARROS et al., 2007) realizada a sincronização das sequências de imagens das câmeras, calibração 2D com base em 29 pontos da superfície da quadra com coordenadas conhecidas em relação a origem estabelecida, marcação dos quadros por meio do rastreamento semi-automático e a obtenção do posicionamento bidimensional (x, y) de cada atleta na área de jogo em função do tempo. Os valores das coordenadas foram posteriormente filtradas pelo filtro *Butterworth* de 3ª ordem, adotando-se uma frequência de corte de 0,4 Hz (MOURA et al., 2011) (Figura 4.4).



**Figura 4.4.** Posicionamento das câmeras e as respectivas áreas de cobertura, e pontos da superfície da quadra de jogo utilizados para a definição dos eixos x e y.

O tratamento dos dados revelou um percentual de rastreamento automático de 65,55% dos frames processados, e as situações não resolvidas automaticamente foram corrigidas manualmente durante o rastreamento. As situações não resolvidas automaticamente foram

corrigidas manualmente durante o rastreamento e por meio de rotinas desenvolvidas em ambiente Matlab<sup>®</sup> foram calculados individualmente os padrões de deslocamentos: distância percorrida, a velocidade máxima atingida, a velocidade média, o número de *sprints*, bem como as distâncias percorridas em faixas de velocidade previamente determinadas a partir de “âncoras” fisiológicas.

A determinação das faixas de velocidade ancorou-se nos valores relativos a intensidade de limiar anaeróbio (LAn), consumo máximo de oxigênio ( $vVO_{2max}$ ) e velocidade máxima atingida em um sprint de 35 m ( $vSprint$ ), dessa forma foram definidas sete faixas de velocidade: **Parado**: de 0 até  $0,72 \text{ km/h}^{-1}$ ;  **$\Delta LAn$** : de  $0,73 \text{ km/h}^{-1}$  até 50% do valor relativo a diferença entre LAn e Parado; **LAn**: de  $\Delta LAn$  até LAn;  **$vVO_{2max}$** : de LAn até  $vVO_{2max}$ ;  **$\Delta vSprint$** : de  $vVO_{2max}$  até 50% do valor relativo a diferença entre  $vSprint$  e  $vVO_{2max}$ ;  **$vSprint$** : de  $\Delta vSprint$  até  $vSprint$ ; e **Vmax**: de  $vSprint$  até a velocidade máxima atingida durante a simulação do jogo.

Essas faixas de velocidades individualizadas foram assumidas visando quantificar a distância percorrida em cada zona de domínio fisiológico, baseando-se nos artigos de revisão sobre treinamento intervalado de alta intensidade como metodologia de treinamento para esportes intermitentes de Buchheit e Laursen, (2013a,b), dessa forma a faixa  $\Delta LAn$  corresponde ao domínio moderado ou intensidade relativas a concentrações de lactato sanguíneo inferiores a  $2 \text{ mmol.L}^{-1}$ , a faixa LAn corresponde ao domínio pesado e intensidades relativas à concentrações de lactato sanguíneo entre  $2 - 4 \text{ mmol.L}^{-1}$ , e a partir da faixa  $vVO_{2max}$  corresponde ao domínio severo, pressupondo larga utilização da glicólise anaeróbia e intensidades com concentrações de lactato superiores a  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$ .

A partir da faixa  $\Delta vSprint$ , as intensidades correspondem a percentuais da máxima velocidade de *sprint*, tratando-se de intensidade com características energético-metabólicas predominantemente anaeróbias lácticas, sendo que para contabilização do número de *sprints* realizados foram assumidas todas as vezes que os participantes atingiram ou ultrapassaram a velocidade correspondente a faixa  $vSprint$ .

#### 4.3.7. Avaliação neuromuscular

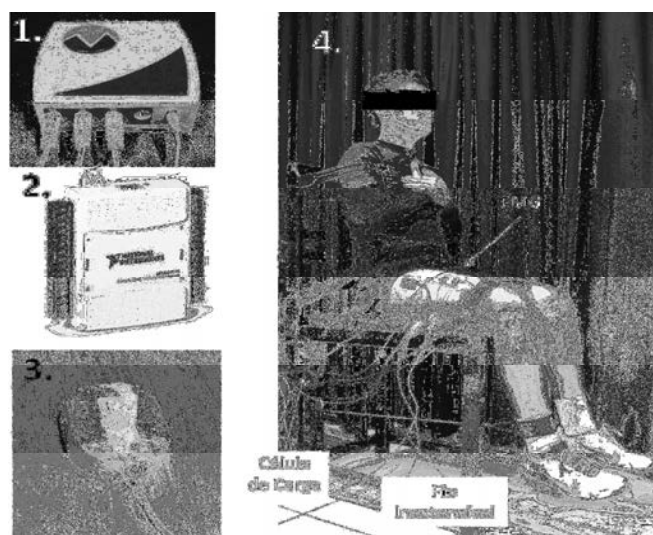
Antes de iniciar, e ao final da simulação do jogo, os participantes realizam duas contrações isométricas voluntárias máximas (CVM) de 5 s de duração e 1 min de intervalo entre elas. Para tanto, os voluntários foram posicionados em uma cadeira desenhada especificamente para essa análise mantendo flexão dos joelhos e quadril a  $90^\circ$ .

Um fio de aço inextensível foi acoplado a uma cinta de velcro presa na altura do tornozelo da perna dominante, transpassado por uma roldana com resistência desprezível e conectado a uma célula de carga (CSR-1T, MK Controle<sup>®</sup>, São Paulo - Brasil) com frequência de aquisição de 1000 Hz, posicionada na parte posterior do assento da cadeira, de forma que o fio assumia um ângulo de 90° entre o tornozelo do voluntário e a célula de carga e possibilitava a aplicação de força de forma linear na célula de carga.

O sinal da célula de carga foi adquirido por meio de uma placa de aquisição de sinais analógico/digital (NI-USB 6009, National Instruments<sup>®</sup>) e suavizado em filtro *butterworth* de ordem 4 e 15 Hz de frequência de corte (GONÇALVES et al., 2012) para posterior determinação do pico de força durante a CVM (Fpico).

Também foi monitorado o sinal eletromiográfico (EMG), sendo que previamente a realização das CVMs foi realizada a tricotomia e limpeza de pele por abrasão e álcool 70% no ponto anatômico do músculo vasto lateral (VL) (SENIAM, 1999). Foi utilizado eletromiógrafo Miotool 400 (Miotec<sup>®</sup> - Brasil) e os eletrodos de Ag/AgCl com área de captação de 1cm (3M<sup>®</sup>, São José do Rio Preto - Brasil) posicionados com uma distância de 3 cm de centro a centro.

A aquisição do sinal EMG foi realizada em 2000 Hz com um ganho de 1000 vezes por meio do software Miograph (Miotec<sup>®</sup>, Brasil). Em seguida o sinal foi processado em um filtro passa-banda de 20-500 Hz e calculada a média do RMS do sinal EMG relativo a um segundo da Fpico (Figura 4.5).



**Figura 4.5.** Equipamentos utilizados e posicionamento do voluntário durante as avaliações neuromusculares. 1. Eletromiógrafo Miotool 400 (Miotec<sup>®</sup> - Brasil); 2. Placa de aquisição de sinais analógico/digital NI-USB 6009 (National Instruments<sup>®</sup>); 3. Célula de carga CSR-1T (MK Controle<sup>®</sup>, São Paulo - Brasil); 4. Posicionamento dos equipamentos e do voluntário durante as avaliações neuromusculares.

#### 4.3.8. *Twitch interpolation*

Durante as CVMs foi realizado o monitoramento do percentual de ativação voluntária (%AV) por meio da técnica denominada *Twitch Interpolation*. A técnica consiste da aplicação de pulso elétrico duplo (*doublets*), supramáximo, de curta duração (1ms de duração com 10ms de intervalos entre os pulsos) e alta voltagem, utilizando protótipo de eletroestimulador desenvolvido especificamente para essa finalidade com 200 V pico - a - pico (Bioestimulador, Insight®, Ribeirão Preto – Brasil).

Os eletrodos de borracha condutiva (7 x 5 cm) foram posicionados no triângulo femoral (cátodo) e na dobra glútea (ânodo) após aplicação de gel condutor e a intensidade limiar de estimulação foi determinada previamente as CVM por meio da aplicação de *doublets* incrementais consecutivos (incrementos de 10 mA) no músculo relaxado até o limite voluntário de sensação de desconforto do participante ou até a determinação de uma intensidade na qual mesmo com o incremento de intensidade não houve aumento do torque produzido pelo músculo relaxado (GIRARD et al., 2013) (Figura 4.6).

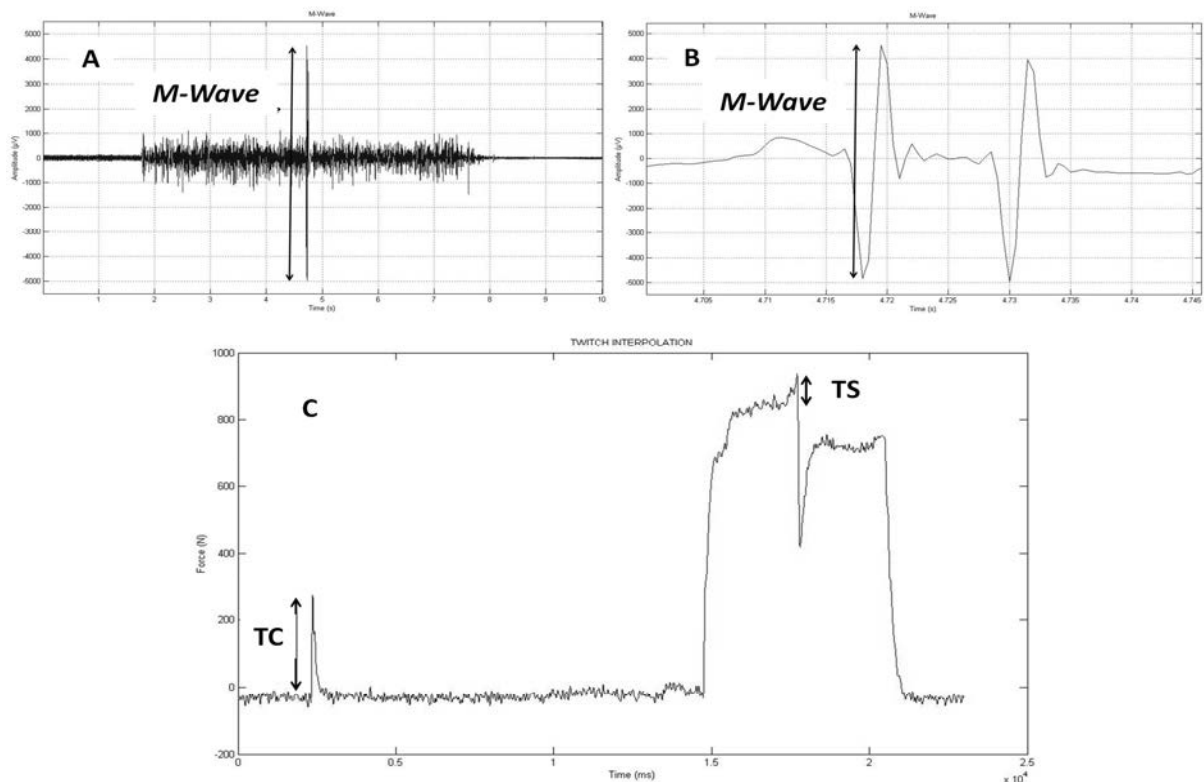


**Figura 4.6.** Protótipo Bioestimulador (Insight®, Ribeirão Preto – Brasil) e eletrodos de borracha condutiva.

Após definido o limiar de estimulação a intensidade foi superestimada em 110% do valor do limiar ( $121 \pm 15,56$  mA) para garantir estimulações supramáximas e então foram aplicados *doublets* previamente as CVMs (músculo relaxado – *twitch control* (TC)) e durante

a realização das mesmas (superimposição da CVM – *superimposed twitch* (TS)). Para estimar o %AV foi utilizada a fórmula proposta por Allen et al. (1995) e utilizada por Strojnik e Komi (1998) e Neyrod et al. (2013) a qual corrigi casos em que o estímulo elétrico foi aplicado ligeiramente antes ou depois do platô do pico de força voluntário:  $\%AV = (1 - (TS \times (\text{nível de força no momento da estimulação} / F_{\text{pico}}) / TC)) \times 100$ .

Além das variáveis relativas ao sinal de força ( $F_{\text{pico}}$ , %AV, TC e TS), também foi mensurada a amplitude máxima no sinal EMG alcançada no momento da estimulação elétrica, denominada *M-Wave* (GIRARD et al., 2013; GANDEVIA, 2001) (Figura 4.7).



**Figura 4.7.** A: Sinal da *M-Wave*; B: Sinal da *M-Wave* amplificado (*doublets*); C: Determinação da *Twitch Control* (TC) e *Twitch Superimposed* (TS).

#### 4.4. Análise estatística

Inicialmente a homocedasticidade dos dados foi testado por meio do teste de Shapiro-Wilks. Confirmada a normalidade de distribuição dos mesmos, para comparação entre 1º e 2º períodos, (distância percorrida em cada faixa de velocidade, distância total, velocidade máxima, velocidade média e número de *sprints*), e pré e pós (variáveis neuromusculares) simulação de jogo, foi utilizado o teste t de *Student* para amostras dependentes. Para comparação das variáveis provenientes das baterias de chutes de finalização (velocidade da

bola, precisão e exatidão), foi utilizado análise de variância - ANOVA one way. Ainda para verificar as possíveis associações entre as diversas variáveis mensuradas foi utilizados a Correlação de Pearson, sendo que os valores obtidos foram classificados como muito fraco (0,0 – 0,2), fraco (0,21 – 0,4), moderado (0,41 – 0,7), forte (0,71 – 0,9) e muito forte (0,91 – 1,0) (ROWNTREE et al., 1991). Em todos os casos o nível de significância foi  $p < 0,05$ .

#### 4.5. Resultados

A Tabela 4.1 apresenta os valores referentes às variáveis provenientes do protocolo incremental e do monitoramento fisiológico dos jogos simulados.

**Tabela 4.1.** Valores (média, desvio padrão e intervalo) provenientes do teste incremental.

|                                                     | Media $\pm$ DP   | Intervalo     |
|-----------------------------------------------------|------------------|---------------|
| <b>LAn</b> (km.h <sup>-1</sup> )                    | 13,54 $\pm$ 0,80 | 12,20 – 14,65 |
| <b>VO<sub>2</sub>max</b> (ml.kg.min <sup>-1</sup> ) | 50,57 $\pm$ 4,85 | 40,71 – 56,35 |
| <b>vVO<sub>2</sub>max</b> (km.h <sup>-1</sup> )     | 14,44 $\pm$ 1,24 | 13,00 – 16,00 |
| <b>vSprint</b> (km.h <sup>-1</sup> )                | 26,12 $\pm$ 0,98 | 25,25 – 27,73 |

**LAn:** Intensidade referente ao limiar anaeróbio; **VO<sub>2</sub>max:** Valor médio de consumo máximo de oxigênio; **vVO<sub>2</sub>max:** Valor médio da intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio; **vSprint:** velocidade referente a média do melhor sprint de 35 m.

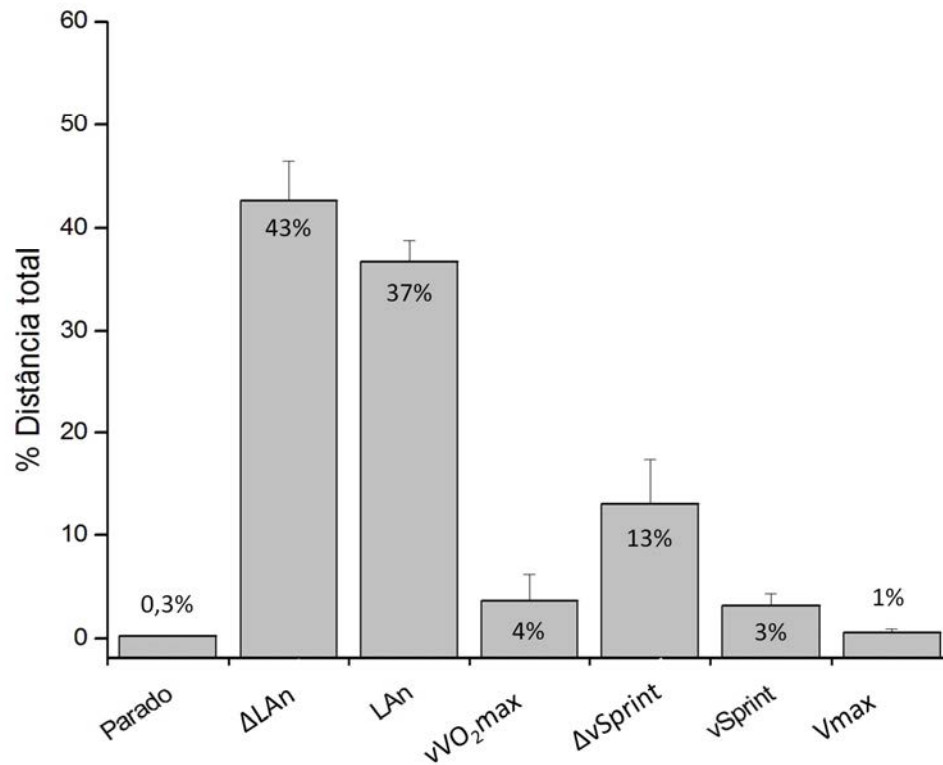
A Tabela 4.2 apresenta a composição das faixas de velocidades individualizadas de acordo com as âncoras fisiológicas assumidas a partir do protocolo incremental.

**Tabela 4.2.** Valores médios das faixas de velocidade individualizadas.

| Faixas de velocidade              | Limite inferior (km.h <sup>-1</sup> ) | Limite superior (km.h <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Parado</b>                     | 0,00 $\pm$ 0,00                       | 0,72 $\pm$ 0,00                       |
| <b><math>\Delta</math>LAn</b>     | 0,73 $\pm$ 0,00                       | 7,14 $\pm$ 0,39                       |
| <b>LAn</b>                        | 7,15 $\pm$ 0,40                       | 13,54 $\pm$ 0,80                      |
| <b>vVO<sub>2</sub>max</b>         | 13,55 $\pm$ 0,80                      | 14,44 $\pm$ 1,24                      |
| <b><math>\Delta</math>vSprint</b> | 14,45 $\pm$ 1,24                      | 20,27 $\pm$ 0,71                      |
| <b>vSprint</b>                    | 20,28 $\pm$ 0,71                      | 26,09 $\pm$ 1,01                      |
| <b>Vmax</b>                       | Acima de 26,10 $\pm$ 1,01             |                                       |

**Parado:** de 0 até 0,72 km/h<sup>-1</sup>;  **$\Delta$ LAn:** de 0,73 km/h<sup>-1</sup> até 50% do valor relativo a diferença entre LAn e Parado; **LAn:** de  $\Delta$ LAn até LAn; **vVO<sub>2</sub>max:** de LAn até vVO<sub>2</sub>max;  **$\Delta$ vSprint:** de vVO<sub>2</sub>max até 50% do valor relativo a diferença entre vSprint e vVO<sub>2</sub>max; **vSprint:** de  $\Delta$ vSprint até vSprint; e **Vmax:** de vSprint até a velocidade máxima atingida durante a simulação do jogo.

A Figura 4.8 apresenta o percentual de distância percorrida em cada faixa de velocidade em relação à distância total percorrida.



**Figura 4.8.** Percentual da distância percorrida em cada faixa de velocidade em relação a distância total percorrida. **Parado**: de 0 até 0,72 km/h<sup>-1</sup>; **ΔLAn**: de 0,73 km/h<sup>-1</sup> até 50% do valor relativo a diferença entre LAn e Parado; **LAn**: de ΔLAn até LAn; **vVO<sub>2</sub>max**: de LAn até vVO<sub>2</sub>max; **ΔvSprint**: de vVO<sub>2</sub>max até 50% do valor relativo a diferença entre vSprint e vVO<sub>2</sub>max; **vSprint**: de ΔvSprint até vSprint; e **Vmax**: de vSprint até a velocidade máxima atingida durante a simulação do jogo.

Não foram verificadas diferenças significativas quando comparados valores referentes aos 1º e 2º períodos do monitoramento fisiológico dos jogos simulados (Tabela 4.3).

**Tabela 4.3.** Valores (média, desvio padrão e intervalo) do monitoramento fisiológico das simulações de jogo.

|                  | 1º Período     | 2º Período     | Media ± DP     | Intervalo       |
|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| <b>[Lac]med</b>  | 5,06 ± 2,28    | 4,19 ± 2,32    | 4,63 ± 2,08    | 2,24 – 9,03     |
| <b>[Lac]pico</b> | 5,62 ± 2,74    | 5,48 ± 3,67    | 6,56 ± 3,38    | 3,00 – 12,18    |
| <b>FCmed</b>     | 168,43 ± 12,42 | 166,40 ± 12,49 | 167,64 ± 13,18 | 141,49 – 186,98 |
| <b>FCpico</b>    | 186,89 ± 9,17  | 185,67 ± 10,00 | 184,38 ± 13,18 | 165,75 – 197,25 |

**[Lac]med**: Média da concentração média de lactato durante a simulação de jogo; **[Lac]pico**: Média da concentração pico de lactato durante a simulação de jogo; **FCmed**: Média da frequência cardíaca média durante a simulação de jogo; **FCpico**: Média da frequência cardíaca pico durante a simulação de jogo.

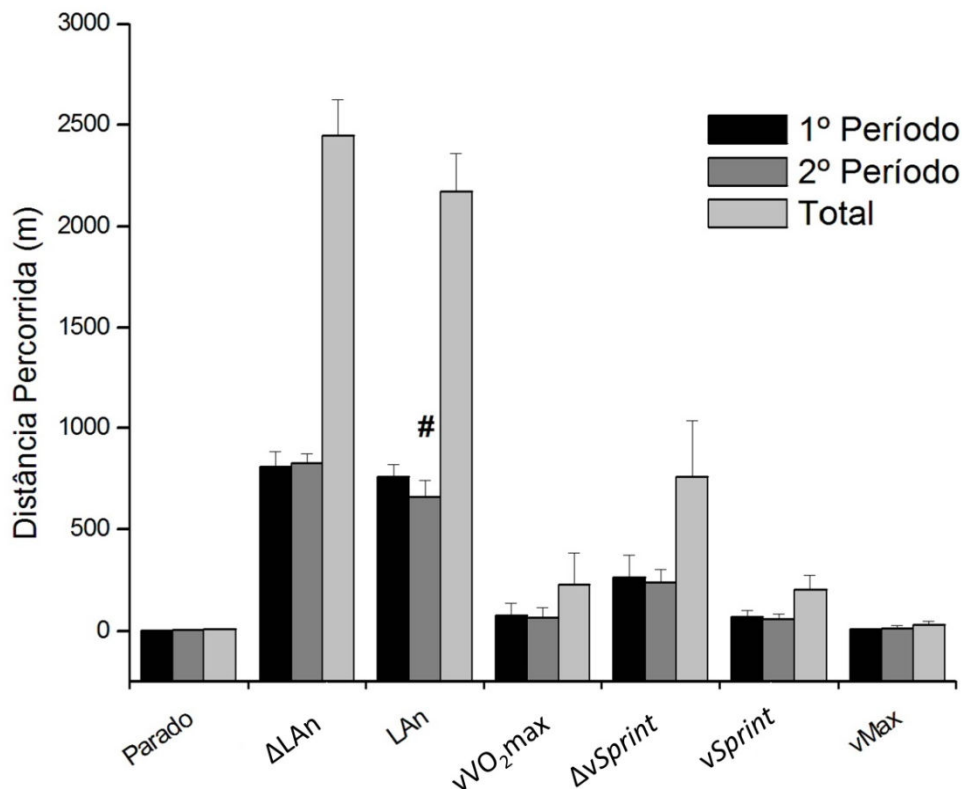
Diferenças significativas foram notadas na comparação dos valores referentes ao rastreamento semi-automático do 1º e 2º períodos da simulação de jogo para a distância total percorrida e velocidade média (Tabela 4.4).

**Tabela 4.4.** Valores referentes ao rastreamento semi-automático das simulações de jogos.

|                                     | 1º Período      | 2º Período        | Total            |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| <b>Dtotal</b> (km.h <sup>-1</sup> ) | 1983,99 ± 78,47 | 1861,65 ± 136,23* | 3845,64 ± 211,86 |
| <b>Vmax</b> (km.h <sup>-1</sup> )   | 27,99 ± 1,74    | 30,27 ± 5,21      | 31,47 ± 3,79     |
| <b>Vmed</b> (km.h <sup>-1</sup> )   | 6,12 ± 0,24     | 5,74 ± 0,42*      | 5,93 ± 0,33      |
| <b>Nsprints</b> (u.a.)              | 1,89 ± 0,78     | 1,89 ± 1,54       | 3,78 ± 1,64      |

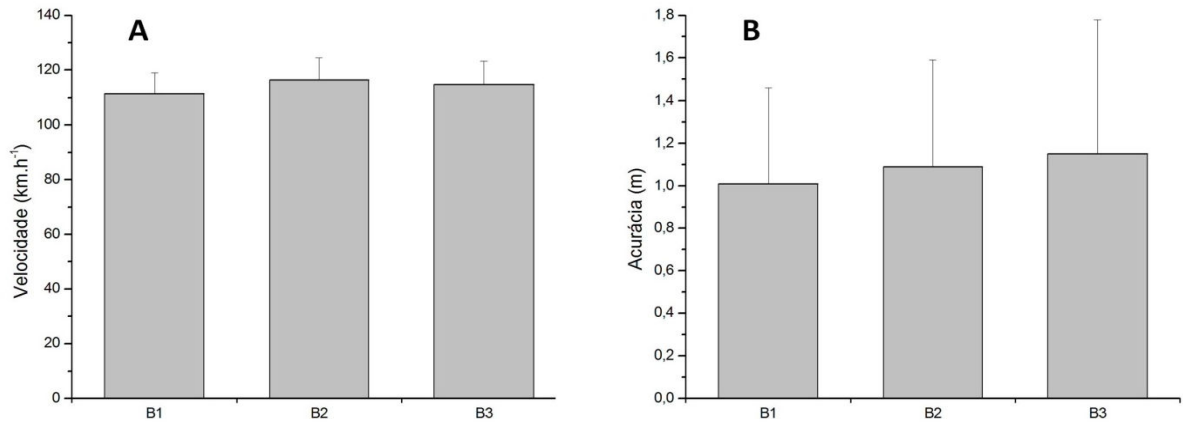
**Dtotal:** Média da distância total percorrida; **Vmax:** Média da velocidade máxima atingida; **Vmed:** Média da velocidade média realizada; **Nsprints:** Média do número de sprints realizados. \*  $p < 0,05$ .

Quando comparadas as distâncias percorridas em cada período da simulação em cada faixa de velocidade, diferenças significativas foram encontradas em relação a faixa LAN (de ΔLAN até LAN) com queda de desempenho do 1º para o 2º período de jogo (Figura 4.9).



**Figura 4.9.** Distância percorrida em cada faixa de velocidade. #  $p < 0,05$ . **Parado:** de 0 até 0,72 km/h<sup>-1</sup>; **ΔLAN:** de 0,73 km/h<sup>-1</sup> até 50% do valor relativo a diferença entre LAN e Parado; **LAN:** de ΔLAN até LAN; **vVO2max:** de LAN até vVO2max; **ΔvSprint:** de vVO2max até 50% do valor relativo a diferença entre vSprint e vVO2max; **vSprint:** de ΔvSprint até vSprint; e **Vmax:** de vSprint até a velocidade máxima atingida durante a simulação do jogo.

Quando comparadas as *performances* dos chutes de finalização, não foram observadas diferenças significativas para as médias de velocidade pico e acurácia em relação ao alvo pré-estabelecido (Figura 4.10).



**Figura 4.10. A:** Média da velocidade pico; **B:** Acurácia dos chutes de finalização em relação ao alvo pré-estabelecido. **B1:** Bateria 1; **B2:** Bateria 2; **B3:** Bateria 3.

Quando comparado os valores pré e pós simulação de jogos referente as variáveis neuromusculares, diferenças significativas foram encontradas para  $F_{pico}$  e  $AV$ , com queda de desempenho após a simulação de jogo em ambas (Tabela 4.5).

**Tabela 4.5.** Valores (média e desvio padrão) do monitoramento neuromuscular pré e pós simulação de jogo.

|                             | Pré             | Pós              | $\Delta$         | %               |
|-----------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| <b>Fpico</b><br>(N)         | 818,31 ± 168,08 | 695,08 ± 289,68* | -123,22 ± 136,46 | -18,96 ± 24,88  |
| <b>TC</b><br>(N)            | 284,56 ± 42,96  | 230,83 ± 107,12  | -53,73 ± 102,76  | -18,45 ± 37,80  |
| <b>TS</b><br>(N)            | 73,12 ± 56,03   | 95,90 ± 60,82    | 22,77 ± 87,74    | 133,77 ± 266,73 |
| <b>AV</b><br>(%)            | 77,64 ± 15,04   | 65,15 ± 20,00*   | -12,49 ± 14,17   | -16,74 ± 18,99  |
| <b>RMS</b><br>( $\mu V$ )   | 464,71 ± 159,56 | 432,79 ± 166,86  | -31,92 ± 71,08   | -7,53 ± 18,09   |
| <b>M-wave</b><br>(mV)       | 13,3 ± 3,07     | 13,77 ± 2,98     | 0,74 ± 3,54      | 8,00 ± 31,06    |
| <b>RMS/M-wave</b><br>(u.a.) | 0,038 ± 0,021   | 0,035 ± 0,020    | -0,003 ± 0,019   | -5,80 ± 41,56   |

**Fpico:** Média da força pico; **TC:** Média da amplitude da *twitch control*; **TS:** Média da amplitude da *twitch superimposed*; **AV:** Média do percentual de ativação voluntária; **RMS:** Média da RMS do sinal eletromiográfico; **M-wave:** Média da amplitude da *M-wave*; **RMS/M-wave:** Média da razão da RMS dividida pela amplitude da *M-wave*. \*  $p < 0,05$ .

Quando verificadas possíveis correlações entre padrões de deslocamento durante a simulação, com a variação absoluta (valor final subtraído do valor inicial) das variáveis neuromusculares, variáveis provenientes do protocolo incremental e variáveis provenientes do monitoramento fisiológico das simulações, foi encontrada apenas forte associação inversa entre o delta do percentual de ativação voluntária e velocidade máxima atingida (Tabela 4.6).

**Tabela 4.6.** Valores de correlação de Pearson entre os padrões de deslocamento durante a simulação, variação absoluta das variáveis neuromusculares, variáveis do protocolo incremental e variáveis do monitoramento fisiológico das simulações.

|                                                                  | <b>Dtotal (m)</b> | <b>Vmax (km.h<sup>-1</sup>)</b> | <b>Vmed (km.h<sup>-1</sup>)</b> | <b>Nsprints (u.a.)</b> |
|------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| <b><i>Variáveis neuromusculares</i></b>                          |                   |                                 |                                 |                        |
| <b>ΔFpico (N)</b>                                                | -0,11             | -0,62                           | -0,11                           | -0,39                  |
| <b>ΔTC (N)</b>                                                   | -0,49             | -0,02                           | -0,50                           | -0,24                  |
| <b>ΔTS (N)</b>                                                   | -0,11             | 0,19                            | -0,11                           | 0,02                   |
| <b>ΔAV (%)</b>                                                   | -0,22             | -0,77*                          | -0,22                           | -0,42                  |
| <b>ΔRMS (μV)</b>                                                 | -0,02             | -0,44                           | -0,02                           | -0,32                  |
| <b>ΔM-Wave (mV)</b>                                              | -0,13             | -0,00                           | -0,13                           | -0,05                  |
| <b>ΔRMS/M-Wave (u.a.)</b>                                        | 0,04              | -0,03                           | -0,04                           | -0,06                  |
| <b><i>Variáveis protocolo incremental</i></b>                    |                   |                                 |                                 |                        |
| <b>VO<sub>2</sub>max (ml.kg.min<sup>-1</sup>)</b>                | 0,50              | 0,07                            | 0,50                            | 0,21                   |
| <b>vVO<sub>2</sub>max (km.h<sup>-1</sup>)</b>                    | 0,39              | -0,29                           | 0,40                            | 0,00                   |
| <b>LAn (km.h<sup>-1</sup>)</b>                                   | 0,19              | -0,62                           | 0,19                            | -0,35                  |
| <b><i>Variáveis monitoramento fisiológico das simulações</i></b> |                   |                                 |                                 |                        |
| <b>[Lac]med (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>                            | 0,07              | -0,33                           | 0,07                            | -0,16                  |
| <b>[Lac]pico (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>                           | 0,07              | -0,14                           | 0,07                            | 0,00                   |
| <b>FCmed (bpm)</b>                                               | 0,55              | -0,05                           | 0,55                            | 0,19                   |
| <b>FCpico (bpm)</b>                                              | 0,58              | -0,11                           | 0,58                            | 0,08                   |

**Dtotal:** Média da distância total percorrida; **Vmax:** Média da velocidade máxima atingida; **Vmed:** Média da velocidade média realizada; **Nsprints:** Média do número de *sprints* realizados; **ΔFpico:** Variação absoluta da média da força pico; **ΔTC:** Variação absoluta da média da amplitude da *twitch control*; **ΔTS:** Variação absoluta da média da amplitude da *twitch superimposed*; **ΔAV:** Variação absoluta da média do percentual de ativação voluntária; **ΔRMS:** Variação absoluta da média da RMS do sinal eletromiográfico; **ΔM-wave:** Variação absoluta da média da amplitude da *M-wave*; **ΔRMS/M-wave:** Variação absoluta da média da razão da RMS dividida pela amplitude da *M-wave*; **LAn:** Intensidade referente ao limiar anaeróbio; **VO<sub>2</sub>max:** Valor médio de consumo máximo de oxigênio; **vVO<sub>2</sub>max:** Valor médio da intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio; **[Lac]med:** Média da concentração média de lactato durante a simulação de jogo; **[Lac]pico:** Média da concentração pico de lactato durante a simulação de jogo; **FCmed:** Média da frequência cardíaca média durante a simulação de jogo; **FCpico:** Média da frequência cardíaca pico durante a simulação de jogo. \* p < 0,05.

Também foram investigadas as possíveis associações entre as variações absolutas das variáveis provenientes dos padrões de deslocamento e as variações absolutas das variáveis neuromusculares, do monitoramento fisiológico da simulação, além das variáveis do protocolo incremental. Foram verificadas fortes associações positivas entre a variação do número de *sprints* realizados (valor do 2º período subtraído do valor do 1º período) com a variação das concentrações pico e média de lactato (valor do 2º período subtraído do valor do 1º período) (Tabela 4.7).

**Tabela 4.7.** Correlações entre as variações absolutas (2º Período – 1º Período ou final - inicial) das variáveis dos padrões de deslocamento, neuromusculares, monitoramento fisiológico do jogo, desempenho dos chutes de finalização e índices fisiológicos provenientes do protocolo incremental.

|                                                                  | $\Delta D_{total}$<br>(m) | $\Delta V_{max}$<br>(km.h <sup>-1</sup> ) | $\Delta V_{med}$<br>(km.h <sup>-1</sup> ) | $\Delta N_{sprints}$<br>(u.a.) |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|
| <b><i>Variáveis neuromusculares</i></b>                          |                           |                                           |                                           |                                |
| $\Delta F_{pico}$ (N)                                            | 0,10                      | -0,42                                     | 0,11                                      | -0,79*                         |
| $\Delta TC$ (N)                                                  | -0,28                     | -0,02                                     | -0,27                                     | -0,49                          |
| $\Delta TS$ (N)                                                  | -0,05                     | 0,26                                      | -0,04                                     | -0,36                          |
| $\Delta AV$ (%)                                                  | 0,00                      | -0,64                                     | -0,00                                     | -0,22                          |
| $\Delta RMS$ ( $\mu V$ )                                         | -0,14                     | -0,33                                     | -0,13                                     | -0,24                          |
| $\Delta M-Wave$ (mV)                                             | -0,09                     | 0,09                                      | -0,09                                     | 0,31                           |
| $\Delta RMS/M-Wave$ (u.a.)                                       | -0,04                     | -0,16                                     | -0,04                                     | -0,17                          |
| <b><i>Variáveis monitoramento fisiológico das simulações</i></b> |                           |                                           |                                           |                                |
| $\Delta [Lac]_{med}$ (mmol.L <sup>-1</sup> )                     | -0,05                     | 0,54                                      | -0,06                                     | 0,79*                          |
| $\Delta [Lac]_{pico}$ (mmol.L <sup>-1</sup> )                    | -0,09                     | 0,48                                      | -0,10                                     | 0,73*                          |
| $\Delta FC_{med}$ (bpm)                                          | 0,45                      | 0,27                                      | 0,45                                      | 0,33                           |
| $\Delta FC_{pico}$ (bpm)                                         | -0,16                     | -0,04                                     | -0,16                                     | 0,30                           |
| <b><i>Variáveis protocolo incremental</i></b>                    |                           |                                           |                                           |                                |
| $VO_{2max}$ (ml.kg.min <sup>-1</sup> )                           | 0,18                      | 0,03                                      | 0,17                                      | 0,20                           |
| $vVO_{2max}$ (km.h <sup>-1</sup> )                               | 0,55                      | -0,40                                     | 0,55                                      | 0,05                           |
| $LAn$ (km.h <sup>-1</sup> )                                      | 0,37                      | -0,73*                                    | 0,37                                      | -0,09                          |

$\Delta D_{total}$ : Variação absoluta da média da distância total percorrida;  $\Delta V_{max}$ : Variação absoluta da média da velocidade máxima atingida;  $\Delta V_{med}$ : Variação absoluta da média da velocidade média realizada;  $\Delta N_{sprints}$ : Variação absoluta da média do número de *sprints* realizados;  $\Delta F_{pico}$ : Variação absoluta da média da força pico;  $\Delta TC$ : Variação absoluta da média da amplitude da *twitch control*;  $\Delta TS$ : Variação absoluta da média da amplitude da *twitch superimposed*;  $\Delta AV$ : Variação absoluta da média do percentual de ativação voluntária;  $\Delta RMS$ : Variação absoluta da média da RMS do sinal eletromiográfico;  $\Delta M-wave$ : Variação absoluta da média da amplitude da *M-wave*;  $\Delta RMS/M-wave$ : Variação absoluta da média da razão da RMS dividida pela amplitude da *M-wave*;  $\Delta [Lac]_{med}$ : Variação absoluta da média da concentração média de lactato durante a simulação de jogo;  $\Delta [Lac]_{pico}$ : Variação absoluta da média da concentração pico de lactato durante a simulação de jogo;  $\Delta FC_{med}$ : Variação absoluta da média da frequência cardíaca média durante a simulação de jogo;  $\Delta FC_{pico}$ : Variação absoluta da média da frequência cardíaca pico durante a simulação de jogo;  $LAn$ : Intensidade referente ao limiar anaeróbio;  $VO_{2max}$ : Valor médio de consumo máximo de oxigênio;  $vVO_{2max}$ : Valor médio da intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio; \*  $p < 0,05$ .

Além disso, também foram investigadas as possíveis associações entre as variações do desempenho de velocidade pico e acurácia dos chutes de finalização (Valores médios da Bateria 2 subtraídos dos valores médios da Bateria 1; valores médios da Bateria 3 subtraídos dos valores médios da Bateria 1; valores médios da Bateria 3 subtraídos dos valores médios da Bateria 2) e as variações absolutas das variáveis neuromusculares, do monitoramento fisiológico da simulação, além das variáveis do protocolo incremental. Foram verificadas fortes associações entre as variações de desempenho nas baterias de chute de finalização e as variações absolutas das concentrações média e pico de lactato sanguíneo durante as simulações de jogo de futsal (Tabela 4.8).

**Tabela 4.8.** Correlações entre as variações absolutas (2º Período – 1º Período ou final - inicial) das variáveis dos padrões de deslocamento, neuromusculares, monitoramento fisiológico do jogo, desempenho dos chutes de finalização e índices fisiológicos provenientes do protocolo incremental.

|                                                                  | <b>ΔVelocidade pico (km.h<sup>-1</sup>)</b> |         |         | <b>ΔAcurácia (m)</b> |         |         |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
|                                                                  | B2 – B1                                     | B3 – B1 | B3 – B2 | B2 – B1              | B3 – B1 | B3 – B2 |
| <b><i>Variáveis neuromusculares</i></b>                          |                                             |         |         |                      |         |         |
| <b>ΔFpico (N)</b>                                                | -0,54                                       | -0,23   | 0,48    | 0,34                 | -0,10   | -0,33   |
| <b>ΔTC (N)</b>                                                   | -0,42                                       | -0,07   | 0,48    | 0,15                 | 0,52    | 0,22    |
| <b>ΔTS (N)</b>                                                   | -0,44                                       | -0,05   | 0,54    | 0,28                 | 0,51    | 0,12    |
| <b>ΔAV (%)</b>                                                   | -0,02                                       | -0,15   | -0,14   | -0,17                | -0,46   | -0,17   |
| <b>ΔRMS (μV)</b>                                                 | 0,45                                        | 0,65    | 0,10    | -0,03                | -0,09   | -0,03   |
| <b>ΔM-Wave (mV)</b>                                              | -0,22                                       | -0,21   | 0,06    | -0,28                | -0,29   | 0,02    |
| <b>ΔRMS/M-Wave (u.a.)</b>                                        | 0,49                                        | 0,52    | -0,07   | 0,23                 | 0,38    | 0,07    |
| <b><i>Variáveis monitoramento fisiológico das simulações</i></b> |                                             |         |         |                      |         |         |
| <b>Δ[Lac]med (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>                           | 0,79*                                       | 0,17    | -0,87*  | -0,65                | 0,29    | 0,68*   |
| <b>Δ[Lac]pico (mmol.L<sup>-1</sup>)</b>                          | 0,73*                                       | 0,20    | -0,77*  | -0,74*               | 0,17    | 0,68*   |
| <b>ΔFCmed (bpm)</b>                                              | -0,24                                       | -0,34   | -0,05   | 0,01                 | 0,71*   | 0,45    |
| <b>ΔFCpico (bpm)</b>                                             | 0,56                                        | 0,73*   | 0,04    | 0,13                 | -0,04   | -0,12   |
| <b><i>Variáveis protocolo incremental</i></b>                    |                                             |         |         |                      |         |         |
| <b>VO<sub>2</sub>max (ml.kg.min<sup>-1</sup>)</b>                | 0,64                                        | 0,41    | -0,41   | -0,41                | -0,25   | -0,13   |
| <b>vVO<sub>2</sub>max (km.h<sup>-1</sup>)</b>                    | -0,31                                       | -0,44   | -0,06   | 0,48                 | -0,25   | -0,53   |
| <b>LAn (km.h<sup>-1</sup>)</b>                                   | -0,06                                       | 0,04    | 0,13    | 0,54                 | -0,14   | -0,50   |

**ΔFpico:** Variação absoluta da média da força pico; **ΔTC:** Variação absoluta da média da amplitude da *twitch control*; **ΔTS:** Variação absoluta da média da amplitude da *twitch superimposed*; **ΔAV:** Variação absoluta da média do percentual de ativação voluntária; **ΔRMS:** Variação absoluta da média da RMS do sinal eletromiográfico; **ΔM-wave:** Variação absoluta da média da amplitude da *M-wave*; **ΔRMS/M-wave:** Variação absoluta da média da razão da RMS dividida pela amplitude da *M-wave*; **Δ[Lac]med:** Variação absoluta da média da concentração média de lactato durante a simulação de jogo; **Δ[Lac]pico:** Variação absoluta da média da concentração pico de lactato durante a simulação de jogo; **ΔFCmed:** Variação absoluta da média da frequência cardíaca média durante a simulação de jogo; **ΔFCpico:** Variação absoluta da média da frequência cardíaca pico durante a simulação de jogo; **LAn:** Intensidade referente ao limiar anaeróbico; **VO<sub>2</sub>max:** Valor médio de consumo máximo de oxigênio; **vVO<sub>2</sub>max:** Valor médio da intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio; \* p < 0,05.

#### 4.6. Discussão

O objetivo do presente estudo foi verificar as possíveis associações entre os índices fisiológicos, parâmetros neuromusculares, padrões de deslocamento e o desempenho técnico do chute de finalização no futsal. Os principais resultados foram que apesar da diminuição significativa do desempenho dos padrões de deslocamento ( $D_{total}$ ,  $V_{med}$ ), e das variáveis neuromusculares ( $F_{pico}$  e  $AV$ ) não foram encontradas diferenças significativas na *performance* técnica relativa ao chute de finalização de 10 m.

Comumente as zonas de velocidade utilizadas para quantificar as ações do futsal eram provenientes de trabalhos que tiveram como objetivo quantificar as ações do futebol (DiSALVO et al., 2007), e portanto descaracterizavam as demandas do futsal. Barbero-Alvarez e colaboradores (2008) verificaram aumento do percentual da distância percorrida em faixas de velocidade de baixa intensidade (parado 0,00: – 0,36  $\text{km.h}^{-1}$ ; andando: 0,37 – 3,6  $\text{km.h}^{-1}$ ) no segundo período, ao passo que nossos resultados demonstram queda significativa da distância percorrida apenas em faixa de velocidade com intensidade relativamente superior ( $L_{An}$ ). Entretanto, no estudo de Barbero-Alvarez et al. (2008) as faixas de intensidade foram determinadas a partir de estudos adaptados do futebol, com velocidades fixas, e a não consideração das âncoras fisiológicas individuais, no momento da determinação das faixas de intensidade, bem como das peculiaridades intrínsecas do futsal, faz que a forma de análise apresentada no presente estudo represente um avanço em relação a trabalhos dessa natureza, pois resultam em informações mais precisas e individualizadas, normalizando a carga de trabalho realizada por cada atleta e caracterizando a demanda energética durante a prática do futsal.

Castagna et al. (2009) realizaram protocolo semelhante com atletas profissionais de futsal e verificaram que o maior percentual da distância total percorrida, cerca de 75 %, ocorreu em faixas relativas a baixa e média intensidades (andando – 0,5 – 6,0  $\text{km.h}^{-1}$ ; corrida de baixa intensidade – 6,1 – 12,0  $\text{km.h}^{-1}$ ), semelhante ao presente estudo, no qual a somatória dos percentuais de distância percorrida em  $\Delta L_{An}$  ( $0,73 \pm 0,00 - 7,14 \pm 0,39 \text{ km.h}^{-1}$ ) e  $L_{An}$  ( $7,15 \pm 0,40 - 13,54 \pm 0,80 \text{ km.h}^{-1}$ ) atingi aproximadamente 80 %. Tais informações corroboram com a premissa de que o futsal é um esporte caracterizado por atividades em alta intensidade e *sprints* múltiplos, intercalados por momentos de recuperação em intensidade de predomínio aeróbio. Ainda, Barbero-alvarez et al. (2008) reportam que cerca de 22 % da distância total percorrida durante jogo de futsal ocorre em alta intensidade, assim como o

presente estudo, que verificou que aproximadamente 21 % das ações ocorrem em intensidades acima da  $v\text{VO}_2\text{max}$ .

Quando comparado os dois períodos da simulação, não foram verificadas diferenças significativas na média das concentrações média e pico de lactato, assim como das frequências cardíacas média e pico. Em relação à concentração média de lactato durante a simulação do jogo, os valores encontrados ( $4,63 \pm 2,08 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) aproximam-se dos valores médios relatados pela literatura (por volta de  $5,00 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) (MAKAJE et al., 2012; CASTAGNA et al., 2009), além disso essa medida sofre influência da intensidade da ação realizada imediatamente antes da coleta (BANGSBO et al., 2007). Interessante notar que as variações absolutas das concentrações média e pico de lactato correlacionaram-se fortemente com a variação absoluta do número de *sprints* realizados e a variação absoluta do desempenho do chute de finalização (tanto acurácia como a velocidade pico), sugerindo possível interveniência da atividade do metabolismo anaeróbio láctico em relação ao desempenho dos chutes e padrões de deslocamento. Quanto à frequência cardíaca, Castagna e colaboradores (2009) também não verificaram diferenças entre os períodos da simulação.

Apesar dos dados fisiológicos não apresentarem diferenças significativas na comparação entre os períodos, quando analisados os padrões de deslocamento foi verificada diminuição significativa de desempenho ilustrada pela queda da distância total percorrida e velocidade média realizada, corroborando com os achados de Barbero-Alvarez et al. (2008). Tais resultados podem representar a instauração do processo de fadiga durante esforços repetidos em alta intensidade como é o caso do futsal, o qual acarreta não somente na diminuição do desempenho no fornecimento de energia (GAITANOS et al., 1993; BISHOP et al., 2004) como na perda da efetividade do sistema de tamponamento de metabólitos (BISHOP et al., 2004; EDGE et al., 2005), além da diminuição da capacidade dos ajustes neurais, centrais e periféricos, da musculatura ativa durante o exercício (AMANN, 2011; MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2012; BILLAUT et al., 2013).

Os presentes resultados deixam bastante claro a queda de *performance* neuromuscular uma vez que houve diminuição significativa do pico de força ( $F_{\text{pico}}$ ) e do percentual de ativação voluntária (AV). Em especial a queda do AV pode representar o acionamento de mecanismos de *feedback* responsáveis por regular, junto ao sistema nervoso central ao nível do córtex motor, a atividade muscular, prevenindo distúrbios excessivos a homeostase da musculatura e potenciais riscos ao organismo (AMANN et al., 2006; AMANN, 2011; BILLAUT et al., 2013; AMANN et al., 2013).

Entretanto, aparentemente os distúrbios neuromusculares não afetaram o desempenho do chute de finalização uma vez que não foram verificadas diferenças significativas entre o desempenho das baterias de chute e ausência de associações significativas entre as variações absolutas do desempenho nas baterias de chutes de finalização e parâmetros neuromusculares. Barbieri et al. (2010) verificaram em estudo da cinemática do chute no futsal com a bola parada e em movimento, que o desempenho durante essa tarefa é resultado da força empregada em função dos ângulos assumidos pelos membros no momento do contato com a bola, e que quanto maior o nível técnico do atleta, maior é sua capacidade de realizar ajustes finos durante situações adversas mantendo a *performance* dos chutes de finalização. Ainda, não há consenso na literatura se tarefas fatigantes são responsáveis por gerar queda de desempenho em movimentos explosivos como o chute de finalização, sendo discordantes os resultados encontrados quanto a esse tema (BACVARECIC et al., 2012; FERRAZ et al., 2012; ALI et al., 2007).

A forte associação entre a variação absoluta do AV e Vmax e da variação absoluta da Vmax com a intensidade do LAn ilustram a influência de fatores neuromusculares (i.e. fadiga central) e fisiológicos (i.e. capacidade aeróbia) no desempenho dos padrões de deslocamento durante a simulação. Tomlin e Wenger (2002), sugerem a possibilidade de um limite de utilização da aptidão aeróbia na sustentação da *performance* durante *sprints* repetidos acima da qual melhorias relativas do metabolismo aeróbio não seriam traduzidas em aumento do rendimento durante esse tipo de tarefa.

Não obstante aos cuidados durante os procedimentos experimentais, entende-se como uma limitação técnica do presente estudo o tempo entre a interrupção da simulação e o início dos chutes de finalização (~1min para o primeiro participante e ~3min para o último participante), o que pode ter contribuído para uma recuperação, mesmo que incompleta, das condições fisiológicas para realização dos chutes de finalização. Apesar desse período citado reproduzir a condição real de uma cobrança de falta, ou tiro livre direto, é possível que não reflita de forma precisa as condições de fadiga para a realização de chutes de finalização durante o decorrer de um jogo, sendo essa uma sugestão para futuros estudos.

#### 4.7. Conclusão

Dessa forma é possível concluir que os padrões de deslocamento sofrem influência das demandas do jogo de futsal, em especial a diminuição do desempenho de variáveis neuromusculares, resultando em queda da *performance* entre os períodos de jogo. Além disso,

aparentemente o sistema neuromuscular sofre perda de desempenho devido à regulação central do córtex motor, contudo tal condição não influencia diretamente o desempenho do chute de finalização. As poucas associações entre o desempenho tanto dos padrões de deslocamento quanto dos chutes de finalização com parâmetros fisiológicos gera dúvidas quanto à interferência desses fatores durante a prática do futsal, entretanto a literatura mostra que há possibilidade de haver um limite de utilização da aptidão aeróbia durante a prática de esforços intermitentes, acima da qual a mesma não é traduzida diretamente em melhoras significativas.

## **CAPÍTULO 5**

### **Conclusões e considerações finais**

O objetivo da presente dissertação foi investigar as possíveis associações entre índices fisiológicos, parâmetros neuromusculares, padrões de deslocamento e o desempenho técnico de chutes de finalização durante a prática simulada do futsal. Para tanto foram empregadas protocolos de avaliação da capacidade e potência aeróbia, da aptidão anaeróbia, da contribuição energética dos metabolismos durante a realização de *sprints* repetidos, além da caracterização da instauração do processo de fadiga neuromuscular (central e/ou periférico) e dos desempenhos dos deslocamentos durante o jogo e dos chutes de finalização.

### **5.1. Influência das variáveis fisiológicas no desempenho durante o futsal**

Foram verificadas, em atletas amadores, fortes associações positivas entre os índices de capacidade (i.e. velocidade relativa ao lactato mínimo) e potência aeróbia (i.e. velocidade relativa ao consumo máximo de oxigênio) e os padrões de deslocamento (velocidade média durante a simulação do jogo de futsal), bem como fortes associações inversas entre as concentrações média e pico de lactato durante a simulação do jogo e os padrões de deslocamento.

As interações anteriormente citadas, não se reproduziram na amostra de atletas profissionais (i.e. Estudo 3), entretanto foi verificada forte associação inversa entre a variação absoluta (2º período subtraído do 1º período) da velocidade máxima durante a simulação e a intensidade relativa ao limiar anaeróbio. Esses resultados tornam evidente a necessidade do desenvolvimento do metabolismo aeróbio para prática do futsal mesmo assumindo os achados de Tomlim e Wenger (2002), que sugerem um limite de utilização da capacidade aeróbia durante a realização de *sprints* repetidos acima da qual melhoria da mesma não seria traduzida diretamente em melhora de *performance*.

Ainda, as variações absolutas das concentrações média e pico de lactato durante a simulação do jogo associaram-se positivamente com o número de *sprints* realizados durante a simulação. Ao discutir esse achado é necessário verificar que os deltas das concentrações de lactato citadas são negativos, indicando: 1- remoção desse metabólito durante a simulação do jogo e; 2 - possibilidade de que a diminuição da concentração de lactato na corrente sanguínea tenha influenciado de forma positiva a ressíntese de fosfocreatina (BISHOP et al., 2004) colaborando para a manutenção do número de *sprints* praticados.

Não foram verificadas associações de nenhuma natureza entre os índices de capacidade e potência aeróbia com o desempenho dos chutes de finalização, entretanto as associações entre as variações absolutas das concentrações média e pico de lactato durante a

simulação de jogo e a variação absoluta de *performance* das baterias de chute devem ser vista com cautela, dado que refletem diferentes contribuições do metabolismo anaeróbio láctico nos diferentes momentos da *performance* dos chutes.

## **5.2. Contribuição energética durante *sprints* repetidos e as associações com o desempenho no futsal**

O metabolismo aeróbio caracteriza-se como importante via energética durante a prática de *sprints* repetidos, inclusive durante o jogo de futsal, dado as fortes associações entre o número de *sprints* realizados durante a simulação e a contribuição metabólica dessa via energética (i.e. Estudo 2). O sistema aeróbio, se não envolvido diretamente no desempenho, está intimamente ligado com a capacidade de recuperação entre os esforços exaustivos característicos de esportes intermitentes, provavelmente colaborando com a manutenção da homeotase do sistema muscular e auxiliando na manutenção da *performance* dos sistemas metabólicos de fornecimento de energia caracterizado pelo aumento gradual de sua contribuição durante o RAST a mesma medida que a potência dos sprints diminui (vide Figura 2.3).

Ainda, considerando as elevadas associações entre o sistema anaeróbio alático e as *performances* no RAST (i.e. Estudo 1), este demonstrou ser a via metabólica determinante do sucesso durante *sprints* repetidos. Entretanto, aparentemente os metabólitos provenientes da utilização intensa da via glicolítica depreciam a capacidade de ressíntese de fosfocreatina.

## **5.3. Fadiga neuromuscular e o desempenho no futsal**

O presente estudo representa um significativo avanço na investigação dos processos de fadiga neuromuscular durante a prática de esportes com características intermitentes, tanto em relação aos achados reportados, quanto em relação à produção de equipamentos e técnicas sensíveis o suficiente para detectar tais processos.

Foi verificada instauração do processo de fadiga neuromuscular com caráter central, uma vez que houve significativa queda do percentual de ativação voluntário concomitante com queda da força pico realizada durante as CVMs. Tais achados podem ser justificados a partir de recente teoria proposta por Amann et al. (2011), de que o acionamento de mecanismos de *feedback* junto ao sistema nervoso central, ao nível do córtex motor, sejam responsáveis por modular negativamente os parâmetros neuromusculares citados, prevenindo

distúrbios excessivos a homeostase da musculatura e potenciais riscos ao organismo (AMANN et al., 2006; AMANN, 2011; BILLAUT et al., 2013; AMANN et al., 2013).

Entretanto, ao contrário da hipótese inicial, aparentemente os distúrbios neuromusculares não afetaram o desempenho dos chutes de finalização uma vez que não foram verificadas diferenças significativas e ausência de associações significativas entre as variações absolutas do desempenho nas baterias de chutes de finalização e parâmetros neuromusculares. Barbieri et al. (2010) verificaram em estudo da cinemática do chute no futsal com a bola parada e em movimento, que o desempenho durante essa tarefa é resultado da força empregada em função dos ângulos assumidos pelos membros no momento do contato com a bola, e que quanto maior o nível técnico do atleta, maior é sua capacidade de realizar ajustes finos durante situações adversas mantendo a *performance* dos chutes de finalização. Ainda, não há consenso na literatura se tarefas fatigantes são responsáveis por gerar queda de desempenho em movimentos explosivos como o chute de finalização, sendo discordantes os resultados encontrados quanto a esse tema (BACVARECIC et al., 2012; FERRAZ et al., 2012; ALI et al., 2007).

#### **5.4. Conclusão final e estudos futuros**

Os esforços realizados durante simulação de futsal recrutam severamente os sistemas energéticos e neuromusculares, a ponto de causar a queda acentuada de *performance* da maior parte das variáveis monitoradas e dos padrões de deslocamento. Além disso, as ferramentas de mensuração (i.e. RAST, protocolo de lactato mínimo, protocolo incremental, rastreamento semi-automático, eletromiografia de superfície, produção de força isométrica, *twitch interpolation*, monitoramento da concentração sanguínea de lactato, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço) mostraram-se sensíveis suficientes a ponto de caracterizarem/monitorarem a amostra de atletas recrutadas, tanto amadores quanto profissionais, e as respostas fisiológicas e neuromusculares ocasionadas durante a simulação do jogo.

Entretanto, apesar das exigências físicas relativas ao futsal a queda de *performance* especialmente dos parâmetros neuromusculares, e a instauração de fadiga de caráter central, não foi suficiente para diminuir significativamente o desempenho dos chutes de finalização, provavelmente em função de estratégias usadas por atletas de alto nível para compensar situações adversas durante a prática da modalidade.

Finalmente, a compreensão e descrição dos diversos fatores que influenciam na *performance* durante a prática de esportes intermitentes como o futsal tornam-se informações

importantes (e até o momento escassas na literatura) visto que geram a possibilidade de intervenção a partir de treinamento específicos. Dessa forma, torna-se possível minimizar a instauração dos processos de fadiga (energéticos, metabólicos e neuromusculares) e manter o desempenho de atletas, tanto amadores, como profissionais durante período de jogo proporcionalmente maior.

Novos estudos devem dedicar-se a verificar a influência dos fatores abordados (índices fisiológicos, parâmetros neuromusculares e contribuição energética) frente à realização de gestos técnicos durante o decorrer do jogo propriamente, com especial atenção à investigação dos parâmetros neuromusculares com caráter central (i.e. estimulação cortical). Ainda, além das investigações quanto aos fatores intervenientes ao desempenho, novos esforços devem ser direcionando em relação à investigação do tempo de recuperação necessário após tais processos instaurados.

## REFERÊNCIAS

- Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of applied physiology* 2002; 92: 2309-2318
- Ali A, Williams C, Nicholas CW, Foskett A. The influence of carbohydrate-electrolyte ingestion on soccer skill performance. *Medicine and science in sports and exercise* 2007; 39: 1969-1976
- Alizadeh R, Hovanloo F, Safania AM. The relationship between aerobic power and repeated sprint ability in young soccer players with different levels of VO<sub>2</sub>max. *Journal of Physical Education and Sport* 2010; 27: 86-92
- Amann M. Central and peripheral fatigue: interaction during cycling exercise in humans. *Medicine and science in sports and exercise* 2011; 43: 2039-2045
- Amann M, Eldridge MW, Lovering AT, Stickland MK, Pegelow DF, Dempsey JA. Arterial oxygenation influences central motor output and exercise performance via effects on peripheral locomotor muscle fatigue in humans. *The Journal of physiology* 2006; 575: 937-952
- Amann M, Venturelli M, Ives SJ, McDaniel J, Layec G, Rossman MJ, Richardson RS. Peripheral fatigue limits endurance exercise via a sensory feedback-mediated reduction in spinal motoneuronal output. *Journal of applied physiology* 2013; 115: 355-364
- Araujo GG, Papoti M, Manchado FB, Mello MAR, Gobatto CA. Protocols for hyperlactatemia induction in the lactate minimum test adapted to swimming rats. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 2007; 148: 888-892
- Avelar A, Dos Santos KM, Cyrino ES, Carvalho FO, Dias RMR, Altimari LR, Gobbo LA. Perfil Antropométrico e de desempenho motor de atletas paranaenses de futsal de elite. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano* 2008; 10:
- Bacvarevic BB, Pazin N, Bozic PR, Mirkov D, Kukolj M, Jaric S. Evaluation of a Composite Test of Kicking Performance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2012; 26: 1945-1952
- Balciunas M, Stonkus s, Abrantes C, Sampaio J. Long Term Effects of Different Training Modalities on Power, Speed, Skill and Anaerobic Capacity in Young Male Basketball Players. *Journal of sports science & medicine* 2006; 5: 163-170
- Bangsbo J, Gollnick PD, Graham TE, Saltin B. Substrates for muscle glycogen synthesis in recovery from intense exercise in man. *The Journal of physiology* 1991; 434: 423-440

- Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. Metabolic response and fatigue in soccer. *International journal of sports physiology and performance* 2007; 2: 111-127
- Bangsbo J, Michalsik L, Petersen A. Accumulated O<sub>2</sub> deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *International journal of sports medicine* 1993; 14: 207-213
- Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences* 2006; 24: 665-674
- Barbero-Alvarez JC, D'Ottavio S, Vera JG, Castagna C. Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2009; 23: 2163-2166
- Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of sports sciences* 2008; 26: 63-73
- Barbieri FA, Gobbi LT, Santiago PR, Cunha SA. Performance comparisons of the kicking of stationary and rolling balls in a futsal context. *Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports* 2010; 9: 1-15
- Barros RM, Misuta MS, Menezes RP, Figueroa PJ, Moura FA, Cunha SA, Anido R, Leite NJ. Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Science and Medicine* 2007; 6: 233-242
- Behm DG, St-Pierre DM, Perez D. Muscle inactivation: assessment of interpolated twitch technique. *Journal of applied physiology* 1996; 81: 2267-2273
- Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *European journal of applied physiology* 2003; 89: 95-99
- Beneke R, Beyer T, Jachner C, Erasmus J, Hutler M. Energetics of karate kumite. *European journal of applied physiology* 2004; 92: 518-523
- Beneke R, Pollmann C, Bleif I, Leithauser RM, Hutler M. How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? *European journal of applied physiology* 2002; 87: 388-392
- Berjan Bacvarevic B, Pazin N, Bozic PR, Mirkov D, Kukolj M, Jaric S. Evaluation of a composite test of kicking performance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2012; 26: 1945-1952
- Bertuzzi RC, Franchini E, Kokubun E, Kiss MA. Energy system contributions in indoor rock climbing. *European journal of applied physiology* 2007; 101: 293-300

- Bertuzzi RC, Franchini E, Ugrinowitsch C, Kokubun E, Lima-Silva AE, Pires FO, Nakamura FY, Kiss MA. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. *International journal of sports medicine* 2010; 31: 477-481
- Billat V, Sirvent P, Lepretre PM, Koralsztein JP. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. *Pflugers Archiv : European journal of physiology* 2004; 447: 875-883
- Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports medicine* 2003; 33: 407-426
- Billaut F, Kerris JP, Rodriguez RF, Martin DT, Gore CJ, Bishop DJ. Interaction of central and peripheral factors during repeated sprints at different levels of arterial O<sub>2</sub> saturation. *PloS one* 2013; 8: e77297
- Bishop D, Edge J. Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. *European journal of applied physiology* 2006; 97: 373-379
- Bishop D, Edge J, Davis C, Goodman C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Medicine and science in sports and exercise* 2004; 36: 807-813
- Bishop D, Edge J, Goodman C. Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *European journal of applied physiology* 2004; 92: 540-547
- Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2010; 24: 2343-2351
- Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports medicine* 2013; 43: 927-954
- Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports medicine* 2013; 43: 313-338
- Calbet JA, Chavarren J, Dorado C. Fractional use of anaerobic capacity during a 30- and a 45-s Wingate test. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 1997; 76: 308-313

- Carling C, Dupont G. Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play? *Journal of sports sciences* 2011; 29: 63-71
- Castagna C, Barbero Alvarez JC. Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2010; 24: 2322-2329
- Castagna C, D'Ottavio S, Granda Vera J, Barbero Alvarez JC. Match demands of professional Futsal: a case study. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia* 2009; 12: 490-494
- Castagna C, Impellizzeri FM, Belardinelli R, Abt G, Coutts A, Chamari K, D'Ottavio S. Cardiorespiratory responses to Yo-yo Intermittent Endurance Test in nonelite youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2006; 20: 326-330
- Chaouachi A, Manzi V, Wong del P, Chaalali A, Laurencelle L, Chamari K, Castagna C. Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2010; 24: 2663-2669
- Cipryan L, Gajda V. The influence of aerobic power on repeated anaerobic exercise in junior soccer players. *Journal of human kinetics* 2011; 28: 63-71
- Currell K, Conway S, Jeukendrup AE. Carbohydrate ingestion improves performance of a new reliable test of soccer performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* 2009; 19: 34-46
- Dantas De Luca R, Rocha R, Burini RC, Coelho Greco C, Denadai BS. The lactate minimum test protocol provides valid measures of cycle ergometer VO<sub>2</sub>peak. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 2003; 43: 279-284
- De Campos Mello F, de Moraes Bertuzzi RC, Grangeiro PM, Franchini E. Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. *European journal of applied physiology* 2009; 107: 615-619
- Deminice R, Rosa FT, Franco GS, Jordao AA, de Freitas EC. Effects of creatine supplementation on oxidative stress and inflammatory markers after repeated-sprint exercise in humans. *Nutrition* 2013; 29: 1127-1132
- di Prampero PE, Ferretti G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respiration physiology* 1999; 118: 103-115

- Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero FJ, Bachl N, Pigozzi F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International journal of sports medicine* 2007; 28: 222-227
- Dogramaci SN, Watsford ML. A comparison of two different methods for time-motion analysis in team sports. *Int J Perf Anal Sports* 2006; 6: 73-83
- Dotan R, Rotstein A, Grodjinovsky A. Effect of training load on OBLA determination. *International journal of sports medicine* 1989; 10: 346-351
- Dotan R, Zigel L, Rotstein A, Greenberg T, Benyamini Y, Falk B. Reliability and validity of the lactate-minimum test. A revisit. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 2011; 51: 42-49
- Duffield R, Dawson B, Goodman C. Energy system contribution to 100-m and 200-m track running events. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia* 2004; 7: 302-313
- Edge J, Bishop D, Goodman C, Dawson B. Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Medicine and science in sports and exercise* 2005; 37: 1975-1982
- Faiss R, Leger B, Vesin JM, Fournier PE, Eggel Y, Deriaz O, Millet GP. Significant molecular and systemic adaptations after repeated sprint training in hypoxia. *PloS one* 2013; 8: e56522
- Ferraz R, van den Tillaar R, Marques MC. The effect of fatigue on kicking velocity in soccer players. *Journal of human kinetics* 2012; 35: 97-107
- Fonseca S, Milho J, Travassos B, Araujo D. Spatial dynamics of team sports exposed by Voronoi diagrams. *Human movement science* 2012; 31: 1652-1659
- Freitas Junior IF, Monteiro PA, Silveira LS, Cayres SU, Antunes BM, Bastos KN, Codogno JS, Sabino JP, Fernandes RA. Resting heart rate as a predictor of metabolic dysfunctions in obese children and adolescents *BioMed Central Pediatrics* 2012; 12: 1-7
- Gabbett TJ, Carius J, Mulvey M. Does improved decision-making ability reduce the physiological demands of game-based activities in field sport athletes? *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2008; 22: 2027-2035
- Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of applied physiology* 1993; 75: 712-719
- Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews* 2001; 81: 1725-1789

- Gastin P. Quantification of anaerobic capacity. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 1994; 4: 91-112
- Gastin PB, Lawson DL. Influence of training status on maximal accumulated oxygen deficit during all-out cycle exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 1994; 69: 321-330
- Girard O, Bishop DJ, Racinais S. Neuromuscular adjustments of the quadriceps muscle after repeated cycling sprints. *PloS one* 2013; 8: e61793
- Goncalves R, Gurjao AL, Jambassi Filho JC, Farinatti Pde T, Gobbi LT, Gobbi S. The acute effects of static stretching on peak force, peak rate of force development and muscle activity during single- and multiple-joint actions in older women. *Journal of sports sciences* 2013; 31: 690-698
- Gordon D, Hopkins S, King C, Keiller D, Barnes RJ. Incidence of the plateau at VO<sub>2</sub>max is dependent on the anaerobic capacity. *International journal of sports medicine* 2010; 32: 1-6
- Gorostiaga EM, Llodio I, Ibanez 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 of applied physiology* 2009; 106: 483-491
- Guerreiro FC, *et al.* Análise da incidência de gols por tempo de jogo no Campeonato Brasileiro de Futebol 2001: estudo comparativo entre as primeiras e últimas equipes colocada da tabela de classificação. *Anais do XXV Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, CELAFISCS, 2002.*
- Hauser T, Bartsch D, Baumgartel L, Schulz H. Reliability of maximal lactate-steady-state. *International journal of sports medicine* 2013; 34: 196-199
- Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International journal of sports medicine* 1985; 6: 117-130
- Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and science in sports and exercise* 2001; 33: 1925-1931
- Hill DW, Smith JC. A comparison of methods of estimating anaerobic work capacity. *Ergonomics* 1993; 36: 1495-1500
- Hill DW, Smith JC. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 1994; 34: 23- 37

- Kalva Filho CA, Loures JP, Franco VH, Kaminagakura EI, Zagatto AM, Papoti M. Correlações entre parâmetros aeróbios e desempenho em esforços intermitentes de alta intensidade. *Revista Motriz* 2013; 19: 306-312
- Kaminagakura EI, Zagatto A, Redkava PE, Gomes EB, Loures JP, Kalva Filho C, Papoti M. Can the Running-Based Anaerobic Sprint Test be used to Predict Anaerobic Capacity? . *JEPonline* 2012; 15: 90-99
- Keir DA, Theriault F, Serresse O. Evaluation of the running-based anaerobic sprint test as a measure of repeated sprint ability in collegiate-level soccer players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2013; 27: 1671-1678
- Kooistra RD, de Ruiter CJ, de Haan A. Knee angle-dependent oxygen consumption of human quadriceps muscles during maximal voluntary and electrically evoked contractions. *European journal of applied physiology* 2008; 102: 233-242
- Krustrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise* 2006; 38: 1165-1174
- Leger LA, Seliger V, Brassard L. Backward extrapolation of VO<sub>2</sub>max values from the O<sub>2</sub> recovery curve. *Medicine and science in sports and exercise* 1980; 12: 24-27
- Magalhães júnior WJ. Padrão cinemático do chute no futebol: comparação entre indivíduos praticantes e não praticantes nas situações de descanso e exaustão. 2003. 93 f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- Makaje N, Ruangthai R, Arkarapanthu A, Yoopat P. Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 2012; 52: 366-374
- Margaria R, Edwards HT, Dill DB. The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *American Journal Physiology* 1933; 106: 689 – 715
- Maxwell NS, Nimmo MA. Anaerobic capacity: a maximal anaerobic running test versus the maximal accumulated oxygen deficit. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee* 1996; 21: 35-47
- Medbo JI, Burgers S. Effect of training on the anaerobic capacity. *Medicine and science in sports and exercise* 1990; 22: 501-507

- Medbo JI, Mohn AC, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted OM. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *Journal of applied physiology* 1988; 64: 50-60
- Mendez-Villanueva A, Edge J, Suriano R, Hamer P, Bishop D. The recovery of repeated-sprint exercise is associated with PCr resynthesis, while muscle pH and EMG amplitude remain depressed. *PloS one* 2012; 7: e51977
- Merton PA. Voluntary strength and fatigue. *The Journal of physiology* 1954; 123: 553-564
- Midgley AW, Bentley DJ, Luttikholt H, McNaughton LR, Millet GP. Challenging a dogma of exercise physiology: does an incremental exercise test for valid VO<sub>2</sub> max determination really need to last between 8 and 12 minutes? *Sports medicine* 2008; 38: 441-447
- Millet GY, Tomazin K, Verges S, Vincent C, Bonnefoy R, Boisson RC, Gergele L, Feasson L, Martin V. Neuromuscular consequences of an extreme mountain ultra-marathon. *PloS one* 2011; 6: e17059
- Minahan C, Chia M, Inbar O. Does power indicate capacity? 30-s Wingate anaerobic test vs. maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *International journal of sports medicine* 2007; 28: 836-843
- Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences* 2003; 21: 519-528
- MOLINA, R. Futsal: Um estudo das capacidades aeróbica e anaeróbica de jogadores e das atividades em jogo. Defesa de Monografia, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro: UNESP, 1992.
- Morel EA, Zagatto AM. Adaptação dos Testes de Lactato Mínimo, Potência Crítica e Limiar Anaeróbico para Avaliação da Transição Anaeróbia-Anaeróbia em Protocolo Específico para o Tênis de Mesa. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 2008; 14: 518-522
- Morton RH, Stannard SR, Kay B. Low reproducibility of many lactate markers during incremental cycle exercise. *British journal of sports medicine* 2012; 46: 64-69
- Moura FA, Santana JE, Marche AL, Aguiar TH, Rodrigues ACMA, BARROS RM, CUNHA SA. Quantitative analysis of futsal players' organization on the court. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 2011; 11: 105-108
- Noordhof DA, de Koning JJ, Foster C. The maximal accumulated oxygen deficit method: a valid and reliable measure of anaerobic capacity? *Sports medicine* 2010; 40: 285-302

- Nordsborg N, Mohr M, Pedersen LD, Nielsen JJ, Langberg H, Bangsbo J. Muscle interstitial potassium kinetics during intense exhaustive exercise: effect of previous arm exercise. *American journal of physiology Regulatory, integrative and comparative physiology* 2003; 285: R143-148
- Papoti M, Vitória R, Cunha SA, Araújo GG, Silva ASR, Santhiago V, Martins LEB, Gobatto CA. Determination of Force Corresponding to Maximal Lactate Steady State in Tethered Swimming. *International Journal of Exercise Science* 2009; 2:
- Perrey S, Racinais S, Saimouaa K, Girard O. Neural and muscular adjustments following repeated running sprints. *European journal of applied physiology* 2010; 109: 1027-1036
- Place N, Casartelli N, Glatthorn JF, Maffiuletti NA. Comparison of quadriceps inactivation between nerve and muscle stimulation. *Muscle & nerve* 2010; 42: 894-900
- Pssota R, Bunc V, Hendl J, Tenney D, Heller J. Is repeated sprint ability of soccer players predictable from field-based or laboratory physiological tests? *The Journal of sports medicine and physical fitness* 2011; 51: 18-25
- Racinais S, Bishop D, Denis R, Lattier G, Mendez-Villaneuva A, Perrey S. Muscle deoxygenation and neural drive to the muscle during repeated sprint cycling. *Medicine and science in sports and exercise* 2007; 39: 268-274
- Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of sports sciences* 2000; 18: 669-683
- Ribeiro L, Balikian P, Malachias P, Baldissera V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 2003; 43: 312-318
- Robineau J, Jouaux T, Lacroix M, Babault N. Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2012; 26: 555-562
- RODRIGUES V. M. Intensidades de jogos oficiais de futsal. 2008. 104 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Educação Física: Ciências do Esporte) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Belo Horizonte, 2008.
- Roseguini AZ, Silva ASR, Gobatto CA. Determinações e Relações dos Parâmetros Anaeróbios do RAST, do Limiar Anaeróbio e da Resposta Lactacidêmica Obtida no Início, no Intervalo e ao Final de uma Partida Oficial de Handebol. *Rev Bras Med Esporte* 2008; 14: 46-50

- Rotstein A, Dotan R, Zigel L, Greenberg T, Benyamini Y, Falk B. The effect of pre-test carbohydrate ingestion on the anaerobic threshold, as determined by the lactate minimum test. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme* 2007; 32: 1058-1064
- Rowntree, D. *Statistics without tears*. London: Penguin, 1991.
- Rusko H, Nummela A, Mero A. A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 1993; 66: 97-101
- Rusko HK, Nummela A. Measurement of maximal and submaximal anaerobic performance capacity: concluding chapter. *International journal of sports medicine* 1996; 17 Suppl 2: S125-129
- Russell M, Benton D, Kingsley M. The effects of fatigue on soccer skills performed during a soccer match simulation. *International journal of sports physiology and performance* 2011; 6: 221-233
- Scott CB, Roby FB, Lohman TG, Bunt JC. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. *Medicine and science in sports and exercise* 1991; 23: 618-624
- Sjodin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International journal of sports medicine* 1981; 2: 23-26
- Soares BH, Tourinho Filho H. Análise da distância e intensidade dos deslocamentos numa partida de futsal, nas diferentes posições de jogo. . *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte* 2006; 20: 93-101
- Spencer MR, Gastin PB. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise* 2001; 33: 157-162
- Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports medicine* 2005; 35: 501-536
- Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M, Yamamoto K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub>max. *Medicine and science in sports and exercise* 1996; 28: 1327-1330
- Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Medicine and science in sports and exercise* 1993; 25: 620-627

- Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports medicine* 2001; 31: 1-11
- Tomlin DL, Wenger HA. The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2002; 5: 194-203
- Travassos B, Araújo D, Vilara L, McGarryd T. Interpersonal coordination and ball dynamics in futsal (indoor football). *Human movement science* 2011; 30: 1245-1259
- Ufland P, Ahmaidi S, Buchheit M. Repeated-sprint performance, locomotor profile and muscle oxygen uptake recovery: effect of training background. *International journal of sports medicine* 2013; 34: 924-930
- Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients during Exercise. *The American journal of cardiology* 1964; 14: 844-852
- Zacharogiannis E, Paradisis G, Tziortzis S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. *Medicine and science in sports and exercise* 2004; 36: S116
- Zagatto A, Redkva P, Loures J, Kalva Filho C, Franco V, Kaminagakura E, Papoti M. Anaerobic contribution during maximal anaerobic running test: correlation with maximal accumulated oxygen deficit. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 2011; 21: e222-230
- Zagatto AM, Beck WR, Gobatto CA. Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2009; 23: 1820-1827
- Zagatto AM, Gobatto CA. Relationship between anaerobic parameters provided from MAOD and critical power model in specific table tennis test. *International journal of sports medicine* 2012; 33: 613-620

## ANEXOS

**Tabela I.** Correlações entre as variações percentuais (2º Período – 1º Período ou final - inicial) das variáveis dos padrões de deslocamento, neuromusculares, monitoramento fisiológico do jogo, desempenho dos chutes de finalização e índices fisiológicos provenientes do protocolo incremental.

|                                                                  | <b>%Dtotal</b><br>(m) | <b>%Vmax</b><br>(km.h <sup>-1</sup> ) | <b>%Vmed</b><br>(km.h <sup>-1</sup> ) | <b>%Nsprints</b><br>(u.a.) |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| <b><i>Variáveis neuromusculares</i></b>                          |                       |                                       |                                       |                            |
| <b>%Fpico</b> (N)                                                | -0,02                 | -0,36                                 | -0,02                                 | -0,90*                     |
| <b>%TC</b> (N)                                                   | -0,24                 | 0,03                                  | -0,24                                 | -0,60                      |
| <b>%TS</b> (N)                                                   | 0,05                  | 0,51                                  | 0,05                                  | -0,13                      |
| <b>%AV</b> (%)                                                   | -0,11                 | -0,55                                 | -0,11                                 | -0,41                      |
| <b>%RMS</b> (μV)                                                 | -0,21                 | -0,14                                 | -0,21                                 | -0,27                      |
| <b>%M-Wave</b> (mV)                                              | 0,04                  | 0,12                                  | 0,04                                  | 0,10                       |
| <b>%RMS/M-Wave</b> (u.a.)                                        | 0,18                  | -0,15                                 | 0,18                                  | -0,24                      |
| <b><i>Variáveis monitoramento fisiológico das simulações</i></b> |                       |                                       |                                       |                            |
| <b>%[Lac]med</b> (mmol.L <sup>-1</sup> )                         | 0,01                  | 0,39                                  | 0,01                                  | 0,86*                      |
| <b>%[Lac]pico</b> (mmol.L <sup>-1</sup> )                        | -0,01                 | 0,42                                  | -0,19                                 | 0,85*                      |
| <b>%FCmed</b> (bpm)                                              | 0,47                  | 0,31                                  | 0,47                                  | 0,27                       |
| <b>%FCpico</b> (bpm)                                             | -0,09                 | -0,01                                 | -0,09                                 | 0,29                       |
| <b><i>Variáveis protocolo incremental</i></b>                    |                       |                                       |                                       |                            |
| <b>VO<sub>2</sub>max</b> (ml.kg.min <sup>-1</sup> )              | 0,21                  | 0,03                                  | 0,21                                  | 0,37                       |
| <b>vVO<sub>2</sub>max</b> (km.h <sup>-1</sup> )                  | 0,52                  | -0,38                                 | 0,52                                  | 0,01                       |
| <b>LAn</b> (km.h <sup>-1</sup> )                                 | 0,33                  | -0,72*                                | 0,33                                  | -0,15                      |

**%Dtotal:** Variação percentual da média da distância total percorrida; **%Vmax:** Variação percentual da média da velocidade máxima atingida; **%Vmed:** Variação percentual da média da velocidade média realizada; **%Nsprints:** Variação percentual da média do número de sprints realizados; **%Fpico:** Variação percentual da média da força pico; **%TC:** Variação percentual da média da amplitude da *twitch control*; **%TS:** Variação percentual da média da amplitude da *twitch superimposed*; **%AV:** Variação percentual da média do percentual de ativação voluntária; **%RMS:** Variação percentual da média da RMS do sinal eletromiográfico; **%M-wave:** Variação percentual da média da amplitude da *M-wave*; **%RMS/M-wave:** Variação percentual da média da razão da RMS dividida pela amplitude da *M-wave*; **%[Lac]med:** Variação percentual da média da concentração média de lactato durante a simulação de jogo; **%[Lac]pico:** Variação percentual da média da concentração pico de lactato durante a simulação de jogo; **%FCmed:** Variação percentual da média da frequência cardíaca média durante a simulação de jogo; **%FCpico:** Variação percentual da média da frequência cardíaca pico durante a simulação de jogo; **LAn:** Intensidade referente ao limiar anaeróbio; **VO<sub>2</sub>max:** Valor médio de consumo máximo de oxigênio; **vVO<sub>2</sub>max:** Valor médio da intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio; \* p < 0,05.

**Tabela II.** Correlações entre as variações percentual (2º Período – 1º Período ou final - inicial) das variáveis dos padrões de deslocamento, neuromusculares, monitoramento fisiológico do jogo, desempenho dos chutes de finalização e índices fisiológicos provenientes do protocolo incremental.

|                                                                  | %Velocidade pico (km.h <sup>-1</sup> ) |         |         | %Acurácia (m) |         |         |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|---------|---------------|---------|---------|
|                                                                  | B2 – B1                                | B3 – B1 | B3 – B2 | B2 – B1       | B3 – B1 | B3 – B2 |
| <b><i>Variáveis neuromusculares</i></b>                          |                                        |         |         |               |         |         |
| %Fpico (N)                                                       | -0,64                                  | -0,25   | 0,57    | 0,06          | 0,15    | 0,07    |
| %TC (N)                                                          | -0,50                                  | -0,17   | 0,47    | -0,11         | 0,56    | 0,49    |
| %TS (N)                                                          | -0,44                                  | -0,32   | 0,25    | -0,10         | 0,53    | -0,46   |
| %AV (%)                                                          | -0,19                                  | -0,27   | -0,01   | -0,30         | -0,25   | 0,00    |
| %RMS (μV)                                                        | 0,33                                   | 0,52    | 0,07    | -0,30         | 0,45    | 0,52    |
| %M-Wave (mV)                                                     | -0,29                                  | -0,33   | 0,05    | -0,33         | -0,20   | 0,05    |
| %RMS/M-Wave (u.a.)                                               | 0,22                                   | 0,25    | -0,04   | 0,20          | 0,40    | 0,17    |
| <b><i>Variáveis monitoramento fisiológico das simulações</i></b> |                                        |         |         |               |         |         |
| %[Lac]med (mmol.L <sup>-1</sup> )                                | 0,82*                                  | 0,29    | -0,76*  | -0,39         | 0,11    | 0,33    |
| %[Lac]pico (mmol.L <sup>-1</sup> )                               | 0,78*                                  | 0,24    | -0,75*  | -0,47         | 0,05    | 0,33    |
| %FCmed (bpm)                                                     | -0,21                                  | -0,32   | -0,04   | -0,06         | 0,39    | 0,25    |
| %FCpico (bpm)                                                    | 0,53                                   | 0,74*   | 0,03    | 0,22          | 0,24    | 0,03    |
| <b><i>Variáveis protocolo incremental</i></b>                    |                                        |         |         |               |         |         |
| VO <sub>2</sub> max (ml.kg.min <sup>-1</sup> )                   | 0,64                                   | 0,42    | -0,41   | 0,14          | -0,11   | -0,17   |
| vVO <sub>2</sub> max (km.h <sup>-1</sup> )                       | 0,28                                   | -0,43   | -0,04   | 0,59          | -0,54   | -0,77*  |
| LAn (km.h <sup>-1</sup> )                                        | -0,07                                  | 0,05    | 0,14    | 0,62          | -0,19   | -0,53   |

%Fpico: Variação percentual da média da força pico; %TC: Variação percentual da média da amplitude da *twitch control*; %TS: Variação percentual da média da amplitude da *twitch superimposed*; %AV: Variação percentual da média do percentual de ativação voluntária; %RMS: Variação percentual da média da RMS do sinal eletromiográfico; %M-wave: Variação percentual da média da amplitude da *M-wave*; %RMS/M-wave: Variação percentual da média da razão da RMS dividida pela amplitude da *M-wave*; %[Lac]med: Variação percentual da média da concentração média de lactato durante a simulação de jogo; %[Lac]pico: Variação percentual da média da concentração pico de lactato durante a simulação de jogo; %FCmed: Variação percentual da média da frequência cardíaca média durante a simulação de jogo; %FCpico: Variação percentual da média da frequência cardíaca pico durante a simulação de jogo; LAn: Intensidade referente ao limiar anaeróbio; VO<sub>2</sub>max: Valor médio de consumo máximo de oxigênio; vVO<sub>2</sub>max: Valor médio da intensidade referente ao consumo máximo de oxigênio; \* p < 0,05.