

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA

LUCAS DOS SANTOS FERREIRA

**MODELAGEM ELETROQUÍMICA E DO DISTÚRBO ÁCIDO-BÁSICO  
EM ATLETAS DE KARATÊ PARTICIPANTES DE CAMPEONATO  
MUNDIAL WKO 2014**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2015

LUCAS DOS SANTOS FERREIRA

**MODELAGEM ELETROQUÍMICA E DO DISTÚRBO ÁCIDO-BÁSICO  
EM ATLETAS DE KARATÊ PARTICIPANTES DO CAMPEONATO  
MUNDIAL WKO 2014**

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre em Engenharia Biomédica” – Área de concentração: Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Bassan

Co-orientador: Prof. Dr. Fabiano Salgueirosa

CURITIBA

2015

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**

---

F383m      Ferreira, Lucas dos Santos  
2015      Modelagem eletroquímica e do distúrbio ácido-básico  
em atletas de Karatê participantes do campeonato mundial WKO 2014 / Lucas dos Santos Ferreira.-- 2015.  
52 f.: il.; 30 cm

Texto em português, com resumo em inglês.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Curitiba, 2015.  
Bibliografia: f. 40-46.

1. Desequilíbrios ácido-base. 2. Eletroquímica. 3. Karatê - Treinamento. 4. Aptidão física do atleta. 5. Luta (Esporte). 6. Engenharia biomédica - Dissertações. I. Bassan, Júlio Cesar, orient. II. Salgueirosa, Fabiano de Macedo, coorient.  
III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

CDD: Ed. 22 -- 610.28

---

**Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba**



Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná Campus Curitiba



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Título da Dissertação N°

**MODELAGEM ELETROQUÍMICA E DO DISTÚRBITO ÁCIDO-BÁSICO EM  
ATLETAS DE KARATÊ PARTICIPANTES DO CAMPEONATO MUNDIAL WKO**

**2014**

por

**Lucas dos Santos Ferreira**

Esta dissertação foi apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA (M.Sc.)**, com área de concentração Biotecnologia, pelo **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB)**, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (**UTFPR**), *Campus Curitiba*, às 13h30 min do dia 04 de Dezembro de 2015. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Júlio Cesar Bassan  
(Presidente/UTFPR)

---

Prof. Dr. Júlio César Francisco  
(IPPPP)

---

Prof. Dr. Sergio Leandro Stebel  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. João Antônio Palma Setti  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Júlio Cesar Bassan – Orientador  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Leandra Ulbricht (UTFPR).  
Coordenadora do PPGEB

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Júlio César Bassan, por essa oportunidade e ensinamentos como professor, profissional e pessoa.

A minha família, que me apoiou e auxiliou em toda a vida e em mais essa fase.

Aos Prof. Dr. Fabiano Salgueirosa e Prof. Msc. Marcelo Romanovitch Ribas, pelas contribuições ao trabalho.

Ao Prof. Dr. Oslei de Matos e a todos do LABDEN que contribuíram de alguma forma na realização do trabalho.

Ao amigo Cassio Dias de Andrade Junior, pelo companheirismo nessa caminhada.

A WKO (World Karate Organization) e aos atletas participantes.

A todos meus amigos, que me ajudaram em mais essa etapa.

## RESUMO

FERREIRA, Lucas dos Santos. Modelagem eletroquímica e do distúrbio ácido-básico em atletas de Karatê participantes do campeonato mundial WKO 2014. 2015. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento eletroquímico e do distúrbio ácido-básico em atletas de alto rendimento durante o campeonato mundial de Karatê realizado pela WKO (World Karate Organization) em 2014. A amostra foi composta por 19 atletas do gênero masculino, com idade média de  $34 \pm 8$  anos. Todos eles eram faixas pretas, e tinham mais de 5 anos de prática na modalidade. Foram realizadas coletas de sangue capilar da polpa digital dos dedos da mão em três momentos: repouso, 5 minutos após o combate e 10 minutos após o combate (kumite). A amostra foi analisada utilizando o aparelho de gasometria GEM Premier 3000, utilizando os parâmetros pH,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , lactato e  $\text{HCO}_3^-$ . Os valores relacionados ao distúrbio ácido-básico apresentaram diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) na maioria dos momentos coletados. Os valores de lactato encontrados foram de  $2,77 \pm 0,97$  mmol/L no repouso,  $6,57 \pm 2,1$  para 5 minutos após e de  $4,06 \pm 1,55$  para 10 minutos após o combate. Os dados coletados relativos aos marcadores eletrolíticos não apresentaram diferenças estatísticas em seus valores ( $p < 0,05$ ). Através dos dados levantados, conjecturamos que a modalidade pode ser caracterizada como exercício de alta intensidade e com predominância do sistema glicolítico. A análise do distúrbio ácido-básico é uma medida eficiente para auxiliar no controle das cargas de treinamento.

**Palavras-chave:** Distúrbio ácido-básico. Eletroquímica. Alto rendimento. Karatê.

## ABSTRACT

FERREIRA, Lucas dos Santos. Electrochemical and acid-base disorder evaluation in Karate athletes participating in the world championship WKO 2014. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

The objective of this study was to analyze the electrochemical and acid-base disorders in high performance athletes during the World Karate Championship hosted by the WKO (World Karate Organization) in 2014. In this study 19 male athletes were analyzed (age  $34 \pm 8$ ), black belts and with over 5 years of experience in the sport. Capillary blood samples from the digital pulp of the finger were collected in three stages: rest, 5 minutes after and 10 minutes after fighting (kumite). The sample was analyzed using blood gas analyzer GEM Premier 3000, using the parameters pH,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , lactate e  $\text{HCO}_3^-$ . The values related to acid-base disturbance presented statistical differences ( $p < 0.05$ ) in most of the collected moments. The lactate levels found were  $2.77 \pm 0.97 \text{ mmol / L}$  in rest,  $6.57 \pm 2.1$  for 5 minutes after and  $4.06 \pm 1.55$  for 10 minutes after combat. The samples collected for the electrolytic markers showed no statistical differences in their values ( $p < 0.05$ ). Through the data collected, we conjecture that the sport can be characterized as a high-intensity exercise and with a predominance of the glycolytic system. The analysis of acid-base disturbance is an efficient method to assist in the control of training loads.

**Keywords:** Acid-base disorder. Electrochemistry. Performance. Karate.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE COLETAS SANGUÍNEAS.....	27
FIGURA 2 - PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DOS 19 ATLETAS DE KARATÊ PRÉ E PÓS-COMBATE.....	29
FIGURA 3 - COMPORTAMENTO DO PH PRÉ E PÓS LUTA NOS ATLETAS DE KARATÊ (N=19).....	30
FIGURA 4 - COMPORTAMENTO DO SÓDIO (NA+) PRÉ E PÓS LUTA DE KARATÊ (N=19).....	30
FIGURA 5 - COMPORTAMENTO DO POTÁSSIO (K+) PRÉ E PÓS LUTA DE KARATÊ (N=19).....	31
FIGURA 6 - COMPORTAMENTO DO CÁLCIO (CA <sup>2+</sup> ) PRÉ E PÓS LUTA DE KARATÊ (N=19).....	32
FIGURA 7 - COMPORTAMENTO DO CÁLCIO (CA <sup>2+</sup> ) PRÉ E PÓS LUTA DE KARATÊ (N=19).....	32
FIGURA 8 - COMPORTAMENTO DO BICARBONATO (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) PRÉ E PÓS LUTA DE KARATÊ (N=19).....	33



## LISTA DE ABREVIATURAS

ATP	Adenosina trifosfato
ADP	Adenosina difosfato
Ca <sup>2+</sup>	Íon Cálcio
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
H <sup>+</sup>	Íon Hidrogênio
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Íon Bicarbonato
K <sup>+</sup>	Íon Potássio
LABDEN	Laboratório de Densitometria Óssea e Bioquímica
Na <sup>+</sup>	Íon Sódio
pH	Potencial hidrogeniônico
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
VO <sub>2</sub> máx	Volume máximo de oxigênio
WKO	World Karate Organization

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 PROBLEMA .....	10
1.2 OBJETIVOS .....	10
1.2.1 Objetivo Geral .....	10
1.2.2 Objetivos Específicos .....	10
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>12</b>
2.1 MECANISMOS DA CONTRAÇÃO MUSCULAR .....	12
2.2.1 Bicarbonato .....	18
2.2.2 Lactato e H <sup>+</sup> .....	19
2.3 ELETRÓLITOS.....	19
2.3.1 Sódio e Potássio .....	19
2.3.2 Cálcio .....	21
2.4 CARACTERIZAÇÃO DO KARATÊ .....	22
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>25</b>
3.1 TIPO DE ESTUDO .....	25
3.2 COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA .....	25
3.3 LOCAL .....	25
3.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	25
3.4.1 Critérios de Inclusão.....	26
3.4.2 Critérios de exclusão .....	26
3.5 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	26
3.5.1 Coleta sanguínea .....	27
3.5.2 Análise por gasometria.....	28
3.5.3 Análise estatística .....	28
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>40</b>
<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	<b>47</b>
<b>ANEXO A – PARECER DE APROVAÇÃO CEP</b> .....	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades desportivas de caráter competitivo ou de satisfação pessoal proporcionam um desafio à homeostase, pois afetam oito sistemas que regem o corpo humano: metabólico, bioquímico, neural, hormonal, vascular, pulmonar, cardíaco e psicológico (WILMORE; COSTILL, 2013). Uma resposta inerente ao aumento da demanda metabólica durante o exercício físico de alta intensidade diz respeito à produção e acúmulo do lactato na musculatura esquelética, todavia esta resposta pode ser diferente em atletas treinados (PETIBOIS; DELERIS, 2003). É notório que existe influência das respostas respiratórias e circulatórias no trabalho muscular, e estas são sustentadas nos primeiros segundos pela energia do metabolismo anaeróbio. Além de substrato neoglicogênico, o lactato facilita a instalação do trabalho muscular pela sua ação vasodilatadora, estimuladora da frequência cardíaca e da ventilação pulmonar (NUNAN, 2006).

O exercício físico intenso promove outra resposta metabólica: o desequilíbrio provocado pelo potencial de membrana do cátion  $K^+$  extracelular tendendo a despolarizar, gerando uma menor concentração e diminuindo a excitabilidade muscular, podendo causar o processo de fadiga (GREEN et al., 2011; BROCH-LIPS et al., 2012). Nesta linha, percebe-se que monitorar o comportamento do distúrbio do equilíbrio ácido-básico e os eletrólitos tem sido de suma importância na busca do melhor desempenho desportivo, seus valores são multifatoriais, dependentes de fatores como gênero, grau de treinamento, especificidade do esporte e intensidade de esforço (ARGYRIS et al., 2011; BENJAMIN et al., 2013; JAIME et al., 2013).

Com base em tais informações, ações podem ser planejadas durante os ciclos do treinamento considerando as variáveis de intensidade, volume e a recuperação ideal de cada sessão de treinamento (FREITAS, 2009). Logo, as alterações eletroquímicas e metabólicas sofridas no metabolismo dos atletas devem ser analisadas e interpretadas com certa cautela, a fim de não cometer erros sobre o estado fisiológico do atleta em decorrência do estresse ocasionado pelas cargas de trabalho do treinamento físico (JORDAN et al., 2013).

Relativo à modalidade de luta Karatê, este é um esporte intermitente e de alto índice metabólico. A relação esforço-pausa, a alta intensidade e demanda energética

geram respostas que estão relacionadas a um aumento do metabolismo no momento do exercício (LUCAS et al., 2009; BRIDGE, 2014; MARGARITOPPOULUS et al., 2015).

Desta forma, o interesse do presente estudo surge da necessidade em entender o equilíbrio ácido-básico e os eletrólitos, e suas respostas nos exercícios intermitentes, no caso deste estudo, o Karatê. Sendo assim, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar o comportamento eletroquímico e do distúrbio ácido-básico em atletas de alto rendimento durante o campeonato mundial de Karatê.

## 1.1 PROBLEMA

Será que os combates realizados durante o Campeonato Mundial de Karatê podem alterar a modelagem eletroquímica e do distúrbio ácido-básico relacionados a fadiga muscular. E quais alterações nos determinantes eletroquímicos podem comprometer os resultados das lutas?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

- Avaliar o comportamento eletroquímico e do distúrbio ácido-básico em atletas de alto rendimento durante o campeonato mundial de Karatê.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as alterações das variáveis eletroquímicas nos atletas de Karatê durante o decorrer do Campeonato Mundial e compará-las na literatura.

- Comparar o comportamento de variáveis relacionadas ao distúrbio do equilíbrio ácido-básico em atletas de Karatê de alto rendimento durante o Campeonato Mundial na literatura.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Acompanhar as alterações bioquímicas dos praticantes de diferentes modalidades esportivas poderá ajudar a entender os benefícios que o treinamento proporciona a médio e longo prazo. A caracterização das modalidades em suas exigências e adaptações fisiológicas, como, por exemplo, o comportamento bioquímico do atleta ocorrido durante a prática ou competição, deve ser entendida. Com base em tais informações, ações podem ser planejadas no período de treinamento, considerando a intensidade e a recuperação ideal de cada sessão (FREITAS et al., 2009).

Percebe-se que a utilização de marcadores bioquímicos como ferramenta para verificar e dosar o volume e intensidade de treinamento, a fim de evitar respostas negativas do organismo, é importante para atletas de rendimento (FREITAS et al., 2009). No entanto existe uma diversidade de parâmetros bioquímicos utilizados no âmbito esportivo, com o objetivo de complemento no monitoramento e avaliação dos mais diferentes esportes.

Desta forma, diversos equipamentos clínicos são adaptados, no que diz respeito à utilização dos resultados, ao meio esportivo. Entre estes equipamentos, destaca-se o equipamento de gasometria GEM Premier 3000 (CLARKE et al., 2005; BASSAN, 2007). O equipamento pode analisar os parâmetros de pH, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Glicose, Lactato, Hct e HCO<sub>3</sub>, obtendo resultados em 85 segundos após a introdução da amostra (UCSF, 2013).

Com intuito de atingir os objetivos em um treinamento desportivo de forma satisfatória, autores têm estudado as necessidades específicas de modalidades como Karatê (BASSAN, 2007; MARGARITOPoulos, 2015). Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar marcadores eletroquímicos e do distúrbio ácido-básico em atletas de alto rendimento durante o campeonato mundial de Karatê.

### 2.1 MECANISMOS DA CONTRAÇÃO MUSCULAR

O músculo esquelético é composto por 75% de água, 20% de proteína e os 5% restantes são representados por sais, fosfatos de alta energia, ureia, lactato, minerais

como cálcio, magnésio e fósforo, íons sódios, potássio e cloro, aminoácidos, gorduras e carboidratos (MCARDLE et al., 2003).

A menor unidade contrátil encontrada no músculo é o sarcômero, sendo ela a unidade básica na funcionalidade da fibra muscular. O sarcômero constitui uma unidade estrutural de uma fibra muscular (THIBODEAU; PATTON, 2002). Dentro dos sarcômeros, encontram-se os miofilamentos de actina e miosina, que ajudam no processo mecânico da contração muscular. O comprimento do sarcômero é um dos determinantes para as propriedades funcionais de um músculo (POWERS; HOWLEY, 2014).

A contração é um processo eletroquímico que se inicia com o potencial de ação que culmina na contração muscular, através do deslizamento da actina sobre a miosina, processo gerador de tensão (POWERS; HOWLEY, 2014). Para explicar a contração muscular, utiliza-se a teoria dos filamentos deslizante para formação das pontes cruzadas. A teoria propõe que os músculos se encurtam ou se alongam devido ao deslizamento dos filamentos uns sobre os outros, sem comprometer seu comprimento. As pontes cruzadas de miosina, que são fixadas, sofrem rotação e se separam ciclicamente dos filamentos de actina como a energia proveniente da hidrólise do ATP, proporcionando o mecanismo que iniciará o encurtamento dos sarcômeros (NEDER; NERY, 2003).

A teoria deslizante também explica, entre outras coisas, a necessidade de energia para realizar a contração muscular esquelética. Esta energia é proveniente da quebra do ATP pela enzima ATPase, que está localizada na parte distal das pontes cruzadas de actina e miosina (POWERS; HOWLEY, 2014).

Existem três diferentes sistemas de produção de energia utilizados na contração muscular. Os sistemas se diferem em complexidade, regulação, capacidade, força e tipos de exercícios para cada um dos sistemas de energia predominantes. Cada um é utilizado de acordo com a intensidade e duração dos exercícios. Eles são classificados em: ATP-CP, Sistema Glicolítico (Lático) e o Oxidativo (Aeróbio) (NEDER; NERY, 2003).

O sistema ATP-CP supre a energia nos primeiros 15 segundos de contração muscular em exercícios de curta duração, como sprints de corrida, chutes e lançamentos. Também é utilizado em exercícios com duração de 30-45 segundos, como provas de corrida curta, levantamento de peso e saltos de grande amplitude. (WILMORE; COSTILL, 2013).

O sistema glicolítico também proporciona uma fonte rápida de energia, já que este envolve a glicólise, meio de degradação da glicose. O principal fator limitante é o acúmulo exponencial de hidrogênio ( $H^+$ ) (PINTO et al, 2014). Este sistema não produz grandes quantidade de ATP, mas, apesar dessas limitações, a sua combinação com o sistema ATP-CP permite que o músculo gere força mesmo quando o suprimento de oxigênio é limitado, proporcionando assim energia para atividades físicas nos minutos iniciais de alta intensidade. Este sistema é utilizado em atividades como corridas de 100 e 400 metros, piques de alta intensidade no futebol, basquetebol, voleibol, tênis (WILMORE; COSTILL, 2013; POWERS, 2014).

E por fim, o sistema oxidativo, o mais complexo dos sistemas. O sistema oxidativo utiliza oxigênio ( $O_2$ ), realizando a respiração celular. Essa produção oxidativa de ATP ocorre dentro das mitocôndrias, estruturas localizadas na região adjacente às mofibrilas, sendo dispersado por todo o sarcoplasma na fibra muscular. Como característica positiva deste sistema pode-se citar a produção ilimitada de energia, pois enquanto existirem carboidratos, proteínas, gorduras e  $O_2$ , ele continuará fornecendo energia na forma de ATP (LODISH et al., 2014).

O sistema oxidativo fornece energia para exercícios de intensidade baixa para moderada. Quando a atividade vai se tornando um pouco mais intensa, a produção de ATP fica por parte do sistema glicolítico e ATP-CP. Atividades mais intensas, como caminhada e ciclismo, também são supridas em parte pelo sistema aeróbio, até que a intensidade atinja o nível moderado-alto, quando este sistema passa a ser utilizado para suprir energia suplementar. Qualquer atividade sustentada continuamente em um mínimo de 5 minutos pode ser considerada aeróbica (LODISH et al., 2014).

A contração e relaxamento dos músculos esqueléticos segue uma sequência de eventos que começa com o início de um potencial de ação pelo nervo motor, resultando em um impulso que se propaga por toda a superfície da fibra (sarcolema), à medida que se despolariza (MCARDLE; KATCH, 2003). As etapas de contração e relaxamento são explicadas pelos mesmos autores a seguir:

1. Pequenas vesículas dentro do axônio liberam acetilcolina (ACh), e esta é difundida através das fendas sinápticas e se fixa aos receptores especializados no sarcolema.
2. O potencial de ação do músculo despolariza os túbulos transversos da junção do sarcômero.



3. Ocorre a despolarização do sistema de túbulos T, acarretando a liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  pelo retículo endoplasmático.
4. O  $\text{Ca}^{2+}$  fixa-se ao complexo troponina-tropomiosina nos filamentos de actina, inibindo o mecanismo que impede a combinação de actina e miosina.
5. Na contração muscular, a actina combina-se com a miosina-ATP. A actina ativa a enzima miosina ATPase, que é quebrada em ATP. A energia dessa reação é responsável pela movimentação das pontes cruzadas de miosina, gerando tensão.
6. O ATP que está ligado à ponte cruzada de miosina rompe a conexão actina-miosina e libera a dissociação com a actina. Tornando possível o deslizamento dos filamentos espessos e finos uns sobre os outros, gerando encurtamento do músculo.
7. Essa ativação das pontes cruzadas se mante enquanto a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  for suficientemente alta para inibir o sistema troponina-tropomiosina.
8. Depois que a estimulação do músculo parar, a concentração intracelular de  $\text{Ca}^{2+}$  cai rapidamente, voltando ao retículo sarcoplasmático através do transporte ativo dependente da hidrólise do ATP.
9. Por fim, a remoção do ATP restaura a ação de inibição da troponina-tropomiosina. Com a presença de ATP, a actina e miosina permanecem dissociadas e relaxadas.

As características contráteis e metabólicas servem como classificadores entre os tipos de fibras musculares. Foram consideradas para o trabalho as classificações propostas por McArdle e Katch (2003), na qual existem dois tipos principais de fibras: as de contração rápida e as de contração lenta. As fibras de contração rápida (tipo 2) utilizam energia de processos anaeróbios em sua maioria, devido às suas contrações rápidas e vigorosas com alta capacidade glicolítica. As fibras de contração lenta (tipo1) utilizam energia do metabolismo aeróbio, sendo dependentes do metabolismo oxidativo. Porém em estudos recentes são apresentadas novas classificações para os tipos de fibras musculares. (TURPEINEN et al., 2006; RONNBACK et al., 2007; CANEPARI et al., 2010).

A contração muscular e os sistemas de produção de energia representam a base fisiológica para qualquer esporte. Utilizando os estudos do equilíbrio ácido-

básico e dos eletrólitos, obtemos norteadores para a melhora do desempenho esportivo (BASSAN, 2007; FREITAS et al., 2009).

## 2.2 EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO:

A regulação do pH intracelular é a característica principal da homeostasia celular (SMITH et al., 2007; MOOREN; KLAUS, 2012; POWERS, 2014), tendo em vista que grande parte das reações bioquímicas e funções celulares dependem de enzimas e mecanismos que têm uma dependência direta do pH.

Um dos mecanismos relacionado à fadiga muscular é a acidose intramuscular, sendo avaliada pela concentração de íons  $H^+$ , e isso é predominante para a produção de força e tensão muscular (ALLEN et al., 2008).

O equilíbrio ácido-base, também denominado homeostase do pH, é uma das funções essenciais do corpo humano. A concentração de  $H^+$  no corpo humano é estritamente regulada. As proteínas intracelulares, enzimas e canais de membrana, são extremamente sensíveis as alterações no pH (MOOREN; KLAUS, 2012).

Alterações no pH podem afetar as atividades do sistema nervoso. Se o pH se encontra muito baixo (acidose), os neurônios tornam-se menos excitáveis, resultando em depressão no sistema nervoso central, podendo chegar a estados extremos de coma (WILDMAIER et al., 2006; SMITH et al, 2007). Caso o pH se encontre muito alto (alcalose), os neurônios tornam-se muito sensíveis, disparando potenciais de ação ao mais leve sinal. Em casos graves, ocorre uma contração muscular contínua que paralisa os músculos respiratórios (DEVLIN, 2011).

A queda do pH também favorece uma mudança na curva de dissociação do oxigênio-hemoglobina. A alteração do pH também pode ser explicada por uma solicitação excessiva da via glicolítica (FRANCISCHINI, 2014).

Os distúrbios ácido-base estão diretamente ligados aos distúrbios no equilíbrio de potássio ( $K^+$ ). Isto ocorre devido a um transportador renal que move os íons  $K^+$  e  $H^+$  por um antiporte. Em casos de acidose, os rins excretam  $H^+$  e reabsorvem  $K^+$ . Na alcalose, o processo é invertido. O desequilíbrio no  $K^+$  se manifesta normalmente como distúrbios em tecidos excitáveis, sendo o principal o coração (FRANCISCHINI, 2014).

Os ácidos e bases são provenientes de diversas fontes, sendo o corpo humano desafiado por essa produção e ingestão de mais ácidos do que bases. Os íons  $H^+$  são provenientes de alimentos e do metabolismo interno. A sua manutenção requer que sua produção e ingestão sejam equilibradas por sua excreção, nesse caso dependendo dos sistemas tampão, dos pulmões e dos rins (MASORO; SIEGEL, 1979).

Nesta base, a manutenção da concentração de  $H^+$  se torna importante para o metabolismo celular e para evitar disfunções recorrentes deste mecanismo. O pH normal é entre 6,9 e 7,4 (MASORO; SIEGEL 1979; SMITH et al., 2007; MOOREN; KLAUS, 2012; POWERS; HOWLEY, 2014). Esse valor pode variar quando submetidos a cargas ácidas provenientes da elevação da taxa metabólica, resultado de exercícios físicos. Esses valores podem chegar a níveis excessivos durante exercícios anaeróbicos de alta intensidade (LIMA et al., 2008; PLOWMAN; SMITH, 2010).

Cabe enfatizar que existem sistemas de regulação do pH, intracelulares e extracelulares. Apenas uma pequena mudança na concentração de íons hidrogênio pode acarretar disfunções em estruturas e suas funções biológicas (POWERS; HOWLEY, 2014). O equilíbrio do  $H^+$  é mantido por meio de soluções tampão que resistem a alterações bruscas no pH. Essa resistência depende de dois fatores: a concentração molar do ácido fraco e sua base conjugada, e a relação entre suas concentrações. Sendo assim, quanto mais soluções tampão, mais íons  $H^+$  e  $OH^-$  podem ser absorvidos sem grandes mudanças (SMITH et al., 2007).

No pH intracelular, os ânions fosfatos e proteínas são os principais tampões envolvidos em sua manutenção. O transporte de íons hidrogênios também é significativo para manter o pH intracelular (SMITH et al, 2007). Esses sistemas de balanceamento do pH, buscando a homeostase, utilizam-se de três vias: os tampões químicos no sangue, a ventilação pulmonar e a função renal (WILMORE; COSTILL, 2013).

A homeostase do pH depende de tampões, dos pulmões e dos rins. Os tampões são os primeiros mecanismos acionados para o equilíbrio, eles incluem íons fosfatos, proteínas e bicarbonato ( $HCO_3^-$ ). As substâncias tampão são moderadores nas mudanças do pH, mas não evitam sua alteração, isso devido a sua combinação com  $H^+$  ou liberação de  $H^+$  (POWERS; HOWLEY, 2014).

Os tampões são encontrados dentro das células e no plasma sanguíneo. A grande quantidade de bicarbonato plasmático produzido a partir do  $\text{CO}_2$  metabólico cria o sistema tampão extracelular mais importante do corpo. A lei de ações das massas é a forma mais útil de pensar sobre essas relações nas concentrações entre o  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e o  $\text{CO}_2$  (WILMORE; COSTILL, 2013).

### 2.2.1 Bicarbonato

Para o sistema tampão do bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), a maior fonte de ácido metabólico no corpo é o gás  $\text{CO}_2$ , que é produzido principalmente pela oxidação de substrato no ciclo de Krebs. O ácido carbônico é um ácido fraco que se dissocia parcialmente em  $\text{H}^+$  e ânion de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). Esse ácido é o principal produzido pelo corpo humano e atua também como seu próprio tampão (SMITH et al., 2007).

A capacidade de tamponamento depende também da concentração de ácido e bases conjugadas. Quanto maior a concentração de bases conjugadas, maior a quantidade de  $\text{H}^+$  adicionado à equação. Quanto mais ácido conjugado, mais  $\text{OH}^-$  adicionado pode ser neutralizado por dissociação do ácido. A maioria dos ácidos orgânicos não têm uma grande importância no sistema de tamponamento nos fluidos celulares, devido à eficiência maior dos outros sistemas, mas é importante que este seja citado como mecanismo auxiliar (DEVLIN, 2011).

O bicarbonato de sódio atua como uma substância tampão dos íons hidrogênio durante o exercício. Estudos sugerem que através de sua utilização como suplemento, a sua suplementação promove uma maior capacidade de resistência ao aparecimento da fadiga, ocasionada pelo acúmulo de  $\text{H}^+$ . Conseqüentemente, mantém o pH próximo aos valores de normalidade e a capacidade de ressíntese de ATP (ARTIOLI et al., 2009; AQUINO et al, 2009).

### 2.2.2 Lactato e H<sup>+</sup>

O lactato é sempre produzido e metabolizado pelo corpo humano. Em condições normais de repouso, seus valores são de 0,7 a 1 mmol /L. Em atividades de baixa intensidade não se percebe diferenças aos valores de repouso (WASSERMAN, 1996). Com o aumento da intensidade do exercício seus valores sofrem alterações. Como o lactato aparece associado ao sistema glicolítico, seus valores são maiores em atividade intensas e de curta duração, sendo seu acúmulo no meio intramuscular ocorrido na faixa de 3 a 7 minutos. (MAUGHAN et al., 2000).

Por conta disso, o acúmulo do lactato resultado da atividade física era considerado historicamente o determinante para a causa da fadiga muscular. Atualmente, em exercícios de alta intensidade e curta duração, o acúmulo dos ions H<sup>+</sup> no interior da célula muscular vem sendo apontado como um dos principais causadores da fadiga muscular. (ALLEN et al., 2008; PINTO et al., 2014)

## 2.3 ELETRÓLITOS

### 2.3.1 Sódio e Potássio

Os eletrólitos têm papel fundamental na contração muscular e conseqüentemente influencia no sistema de fadiga (BROOKS et al., 2013). Fatores complementares dentro da homeostase, as participações dos eletrólitos dentro do sistema são mencionadas a seguir.

Um importante eletrólito para a contração muscular é o potássio (K<sup>+</sup>). Ele é o cátion mais abundante no corpo humano, sendo que 98% do seu total está localizado intracelularmente. O potássio tem papel fundamental na regulação do volume celular, e também é essencial para a contração muscular. Sua distribuição é resultado do processo de transporte ativo pela enzima sódio-potássio-ATPase. Sua distribuição depende da permeabilidade da membrana plasmática e a homeostasia intracelular é

responsável por múltiplas estruturas: bombas de íons, canais de potássio e transportadores de potássio (MOOREN; KLAUS, 2012).

A homeostasia do potássio entre os meios intracelular e extracelular determinam o potencial da membrana em repouso e a excitabilidade celular. A concentração extracelular é de apenas 2% em comparativo ao total do corpo humano, seus valores variam entre 3,4 a 5 mmol/L. Dois principais mecanismos são responsáveis por esse ajuste homeostático (MOOREN; KLAUS, 2012):

1. A secreção de potássio pelos rins, e trato gastrointestinal. Sendo a secreção de potássio pelo suor significativa apenas em condições de exercícios intensos.
2. A troca de potássio entre os compartimentos intra e extracelular.

A bomba sódio-potássio é essencial na atividade contrátil. O potássio deixa continuamente a célula muscular, as alterações nas concentrações dependem da intensidade, duração e tipo do exercício (LODISH et al., 2014).

O sódio, já citado por seu sistema com o potássio, é o principal íon do espaço extracelular. A concentração de sódio é de aproximadamente 12mmol/L, enquanto no meio extracelular chega a aproximadamente 145 mmol/L. (MAUGHAN e GLEESON, 2000). O sódio tem como função de regular a osmolaridade do plasma, sendo responsável pela regulação do sistema homeostático, equilíbrio ácido-básico, através da permeabilidade das membranas, e a pressão arterial. Sendo também fator importante na contração muscular, condução de impulsos nervosos, através dos gradientes elétricos, no controle de absorção e também transporte de alguns elementos como cloro, glicose e aminoácidos (ZAHA et al,2014). A regulação na sua concentração é responsabilidade do hormônio renina, secretado pelos rins, e pelos mineralocorticoides secretados via córtex suprarrenal (WILMOR; COSTILL, 2013).

Uma desordem eletrolítica relacionada as baixas concentrações de sódio no organismo é a hiponatremia. Quando relacionada aos exercícios físicos, ela pode ser induzida por esforços prolongados, sendo atribuída a exercícios de longa duração (HIDRATA et al., 2012).

### 2.3.2 Cálcio

A maior concentração de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) no corpo humano se encontra nos ossos, cerca de 99%. Este 1% que não se encontra nos ossos é essencial para o funcionamento do corpo humano devido aos motivos explicados a seguir:

1. O  $\text{Ca}^{2+}$  é uma importante molécula sinalizadora. O seu movimento dentro do corpo humano, de um compartimento para outro libera sinais de  $\text{Ca}^{2+}$ . O cálcio que entra no citoplasma dá início à exocitose das vesículas sinápticas e secretoras, a contração de fibras musculares, alteração nas atividades de enzimas e transportadores. Sendo sua remoção dependente de um sistema de transporte ativo.
2. Mantém as células intracelulares unidas nas junções oclusivas.
3. É um cofator na coagulação sanguínea.
4. Sua concentração plasmática afeta diretamente a excitabilidade dos neurônios.

O controle e equilíbrio do cálcio no organismo são determinados por hormônios entre os ossos, rins e intestinos: o hormônio da paratireoide, o calcitriol (vitamina  $\text{D}_3$ ). Sendo o mais importante à regulação pelo hormônio da paratireoide.

O hormônio da paratireoide (PTH) é um peptídeo com efeito de aumentar as concentrações plasmáticas de cálcio. Sendo ele responsável por mobilizar o cálcio dos ossos, aumentar a reabsorção renal de cálcio e aumentar indiretamente sua absorção intestinal (SILVERTHORN, 2010).

O cálcio possui o efeito de aumentar o oxigênio de duas maneiras. A primeira, pela sua afinidade com a mitocôndria, ela pega vários íons cálcio para si, esse processo exige energia, refletida pelo aumento do consumo de  $\text{O}_2$  que não está associado à produção de ATP. A segunda, após esse aumento de concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  dentro da mitocôndria o mecanismo de oxidação com a fosforilação é afetado (SMITH, 2007).

A concentração citosólica de íons cálcio determina o número de locais de tropômina ocupados pelo cálcio, que determina o número de locais de actina disponíveis para as ligações das pontes cruzadas (WILDMAIER et al., 2006). Durante

cada contração muscular no exercício, o cálcio é liberado pelo retículo endoplasmático. Nos músculos esqueléticos e no coração, parte do  $\text{Ca}^{2+}$  é captada pela mitocôndria durante a recuperação. A disposição do cálcio durante o exercício ainda não foi explicada, porém acredita-se que o  $\text{Ca}^{2+}$  acumulado pela mitocôndria durante o exercício afete a respiração mitocondrial (SILVERTHORN, 2010).

Como já relatado, o cálcio desempenha um papel fundamental na contração muscular, devido a sua função na liberação do sítio ativo para as pontes cruzadas de actina e miosina. Durante o exercício físico de diferentes intensidades, os valores de cálcio ionizado no sangue podem sofrer elevações. Esse efeito está relacionado a uma baixa no pH e bicarbonato e um aumento nos valores de lactato, albumina e cálcio total (FERREIRA-JUNIOR et al., 2014).

As alterações do cálcio relacionadas ao exercício físico intenso estão ligadas ao aumento na acumulação de  $\text{H}^+$ , como este aumento afeta a atividade iônica intracelular, pode acarretar uma intervenção na liberação do cálcio e conseqüentemente influenciar o sistema de contração muscular (GREEN et al., 2011).

Como sugerido anteriormente, o acúmulo de  $\text{H}^+$  conseqüentemente reduzindo o pH pode ser um agravante da fadiga muscular, isto por reduzir o cálcio livre disponível para a contração muscular, devido a sua diminuição no retorno a cisterna do retículo sarcoplasmático. Para que ocorra esse retorno, é necessária a presença de ATP, que devido a situação de acidose, sofre alteração em sua produção tendo influência direta no cálcio (CHIN; ALLEN, 1998).

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO DO KARATÊ

O karatê é uma modalidade de luta de percussão, com contato moderado na maioria dos eventos esportivos, onde os atletas realizam técnicas de ataque com socos e chutes, defesas e movimentações (BENEKE et al; 2004; TABBEN et al; 2013). Essas movimentações são: deslocamentos frontais, laterais, para trás e pequenos saltos e também são realizadas sequencias de ataque e defesa, estes movimentos alteram intensidades, sendo os ataques e defesas, normalmente, realizados em alta intensidade (TABBEN et al; 2013).



O karatê competitivo depende da combinação de aspectos técnicos e táticos, além de habilidades de força e potência. Durante as competições de Karatê, na modalidade combate (kumite), os atletas são submetidos há vários combates, com variações de descanso e inatividade (MARGARITOPULUS et al; 2015).

Atletas de karatê de alto rendimento apresentam um alto nível de condicionamento físico. Normalmente apresentam um baixo índice de gordura corporal e apresentam características ectomorfas e mesomorfas. (SÁNCHEZ-PUCCINI et al., 2014). Sendo a potência muscular uma das mais importantes características para um bom desempenho. As utilizações dos músculos da cadeia inferior parecem mais importantes para um bom desempenho dos atletas de Karatê, porém as ações decisivas em um combate dependem da potência gerada por ambas as partes do corpo. (MORI et al., 2002; CHAABÈNE et al., 2012)

É consenso entre autores que o Karatê é uma atividade de alto índice metabólico. (BENEKE et al. 2004; TABBEN et al. 2013; MARGARITOPULUS et al., 2015). Segundo avaliação de Chaabène et al. (2012) o combate de Karatê consiste em atividade intermitente, com períodos de alta intensidade seguidos de períodos de recuperação ativa. Os exercícios intermitentes são caracterizados quando estímulos ocorrem com o máximo de intensidade, estas caracterizações para exercícios intermitentes também são definidas por algumas variáveis:

1. Sessões de treinamento realizados acima da máxima fase estável do lactato.
2. Sessões com intensidades correspondentes ao  $VO_2$  máximo.
3. Sessões supermáximas ou na maior intensidade possível.

As características, como citadas, de repouso também são importantes para a caracterização como exercício intermitente de alta intensidade:

1. Repouso ou recuperação passiva, interrupção completa do exercício.
2. Recuperação ativa: períodos de exercícios realizados em baixa intensidade.

Os exercícios intermitentes de alta intensidade combinam fatores específicos de esforço-pausa, e também amplitude, que trata-se da variação entre as

intensidades. Com o conhecimento da duração total do exercício permitem-se ajustes ao treinamento para melhor desempenho na modalidade. (MILANES; PEDRO, 2012; FRANCISCHINI, 2014).

Uma das características desse tipo de exercício é a fadiga muscular. Esta pode ser considerada como uma redução temporária da capacidade de trabalho, por consequência de um esforço prévio ou de recuperação insuficiente (FRANCHINI, 2014).

Os estudos sugerem que a fadiga, especialmente durante o exercício intermitente, pode ser causada por um declínio gradual na produção anaeróbica de ATP ou por um aumento no acúmulo de ADP, causadas pela ausência de fosfocreatina, por uma queda na taxa da hidrólise de glicogênio, e aumento dos ions  $H^+$ , causando assim alterações no sistema de equilíbrio ácido-básico (MAUGHAM et al., 2000).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de uma pesquisa experimental transversal, que manipula determinadas variáveis com objetivo de estabelecer relação de causa-efeito (THOMAS et al., 2012).

#### 3.2 COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA

O projeto para a realização desta pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade Dom Bosco, Curitiba-PR. Aprovado sob o protocolo 500.790, na data 11/12/2013.

#### 3.3 LOCAL

O estudo foi realizado durante o 8º Campeonato Mundial de Karate da WKO (*World Karate Organization*), no ginásio de esporte da Universidade Positivo, nos dias 21 e 22 de novembro de 2014.

#### 3.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Fizeram parte do estudo 19 atletas de Karatê de alto rendimento, todos do sexo masculino, com idade média de  $34\pm 8$  anos, faixas pretas, com mais de 5 anos de prática na modalidade que competiram no 8º Campeonato Mundial de Karatê da WKO (*World Karate Organization*) na categoria luta. Para a seleção da amostra foi adotado o procedimento de amostragem intencional, e não probabilística. Todos os

participantes apresentaram consentimento ao estudo, assinando o TCLE (Apêndice A).

#### 3.4.1 Critérios de Inclusão

Atletas de Karatê de alto rendimento, graduados na faixa preta, que competiram no 8º Campeonato mundial de Karatê da WKO (*World Karate Organization*) na categoria luta.

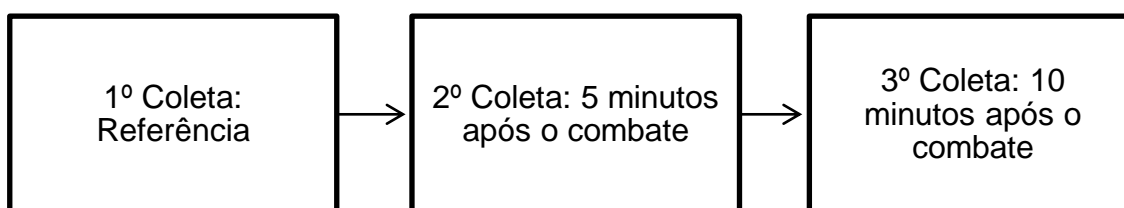
#### 3.4.2 Critérios de exclusão

Lutadores que no decorrer do processo avaliativo sofreram lesões posteriores a coleta de repouso. Atletas que no decorrer da pesquisa retiraram seu consentimento para continuar participando da mesma por quaisquer motivos. Amostras de sangue dos atletas que por motivos técnicos não foram analisadas pelo equipamento de gasometria GEM Premier 3000.

### 3.5 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Em um primeiro momento, foi mantido um contato com a WKO (*World Karate Organization*) para receber a permissão para realizar as coletas das variáveis bioquímicas durante a competição. Em um segundo momento, os pesquisadores participaram da reunião da comissão técnica do evento, explicando aos dirigentes e técnicos dos atletas os objetivos da pesquisa e sua respectiva metodologia. Após a reunião, a estrutura de coleta foi montada ao lado das quadras de competição, e se iniciaram os testes. Os investigadores convidavam os atletas de maneira aleatória e apresentavam os objetivos da pesquisa, explicavam os procedimentos metodológicos da coleta e, após o consentimento do lutador e a assinatura do TCLE, era realizada a

coleta de repouso. No segundo dia de coleta, os combates foram realizados, e tiveram duração de 2 minutos devido as regras estipuladas para o evento. Após o término do combate, realizaram-se mais duas coletas uma 5 minutos pós-esforço e outra 10 minutos pós-esforço. Este tempo se fez necessário devido às regras do campeonato, no qual, após o combate, o atleta deveria cumprimentar o adversário, arbitragem e técnicos, e, somente após isso o encaminhamento dos atletas foi feito pelo pesquisador para o local da coleta. O atleta deveria permanecer sentado no intervalo entre as 2 coletas. Portanto, as coletas foram realizadas em três momentos distintos (Figura 1: ilustra através de fluxograma o processo de coletas sanguíneas): repouso, 5 minutos após o combate e 10 minutos após o combate.



**Figura 1 - Fluxograma do processo de coletas sanguíneas.**  
**Fonte: O autor (2015)**

### 3.5.1 Coleta sanguínea

As amostras de sangue venoso foram coletadas por meio de sangue capilar, mediante técnica de pulsão da polpa de um dos dedos da mão por coleta (BISHOP; MARTINO, 1993). A pele foi limpa com álcool 70° e secada para evitar mistura com suor ou água. Evitando a pressão do local, a gota grossa de sangue foi recolhida utilizando capilar com capacidade de 200µL (Capillary Tubes 250 Roche®), tratado com heparina. Todo o procedimento foi realizado por um profissional especializado.

### 3.5.2 Análise por gasometria

Para realizar a análise de sangue foi utilizado o equipamento de Gasometria GEM Premier 3000, utilizando os parâmetros de pH, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Lactato e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. A amostra foi processada logo em seguida de sua coleta, garantindo a confiabilidade e obtendo resultados logo após a coleta. O resultado foi obtido 85 segundos após a introdução da amostra.

### 3.5.3 Análise estatística

Os dados foram analisados por meio do *software* SPSS 20.0. Para apresentar o comportamento dos determinantes bioquímicos avaliados, foi utilizada a estatística descritiva, e os dados foram apresentados no formato de média e desvio padrão. Para as comparações entre os momentos foi utilizada análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas, seguida pelo *post hoc* de Bonferroni, assumindo uma significância de  $p < 0,05$ .

## 4 RESULTADOS

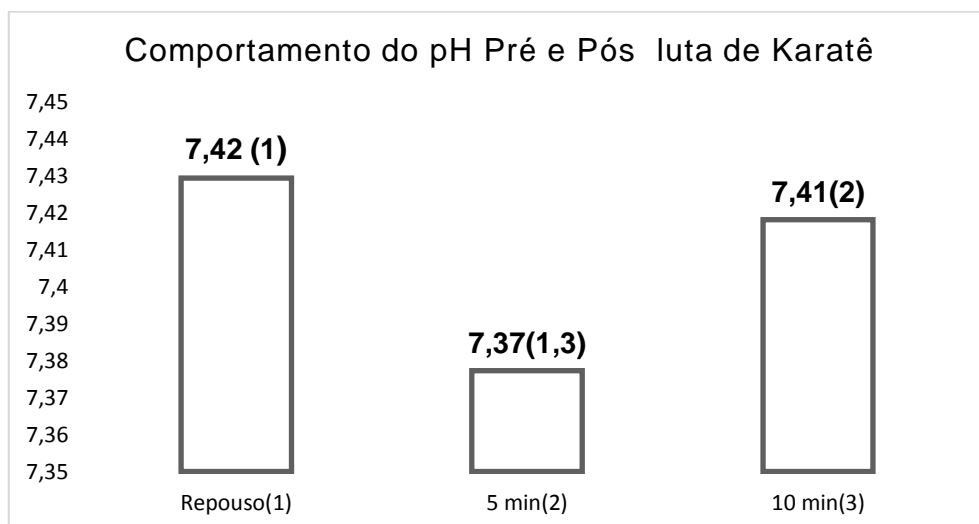
A presente pesquisa teve por objetivo analisar o comportamento dos determinantes bioquímicos responsáveis pela fadiga muscular em atletas de Karatê de alto rendimento. As coletas foram realizadas durante o campeonato mundial de Karatê WKO. A Figura 2 apresenta o resultado das variáveis pH, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Lactato e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dos 19 atletas de Karatê, que fizeram parte da presente investigação. Os dados que demonstraram diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) estão numerados acima dos valores conforme os três momentos coletados: referência (1), 5 minutos após combate (2) e 10 minutos após combate (3).

Variáveis Bioquímicas	Momentos das Coletas		
	Referência (1)	5 min após Combate (2)	10 min após Combate (3)
pH	7,4294 ± 0,026 <sup>(2)</sup>	7,3772 ± 0,0392 <sup>(1,3)</sup>	7,4181 ± 0,0320 <sup>(2)</sup>
Na <sup>+</sup> (mmol/L)	142,83 ± 2,255	143,33 ± 1,748	143,50 ± 2,476
K <sup>+</sup> (mmol/L)	5,01 ± 0,609 <sup>(2,3)</sup>	4,42 ± 0,541 <sup>(1)</sup>	4,26 ± 0,330 <sup>(1)</sup>
Ca <sup>2+</sup> (mmol/L)	1,21 ± 0,047	1,19 ± 0,057	1,17 ± 0,050
Lactato (mmol/L)	2,77 ± 0,967 <sup>(2)</sup>	6,57 ± 2,104 <sup>(1,3)</sup>	4,06 ± 1,550 <sup>(2)</sup>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L)	24,68 ± 1,528 <sup>(2,3)</sup>	19,07 ± 2,874 <sup>(1,3)</sup>	21,45 ± 2,033 <sup>(1,2)</sup>

Figura 2: Parâmetros bioquímicos dos 19 atletas de karatê pré e pós-combate. Fonte: O autor (2015).

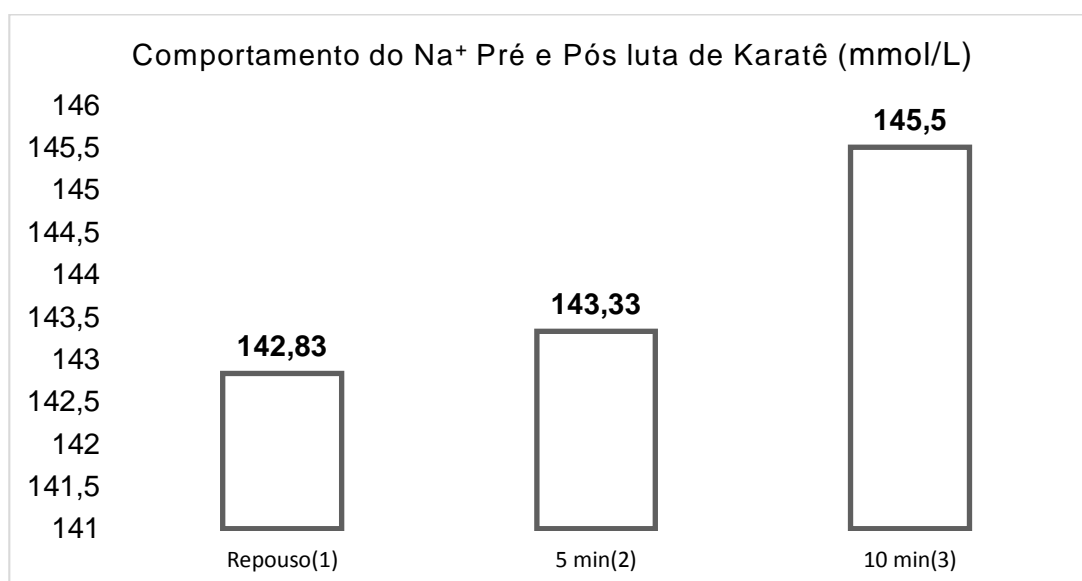
As alterações do pH estão representadas na Figura 3. Os valores de pH encontrados demonstram que durante as diferentes mensurações ocorridas no experimento, as diferenças do repouso, para após 5 minutos e após 10 minutos reportaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Não se encontrou diferença significativa quando comparado o repouso e após 10 min. Tal achado vai ao encontro da literatura, sugerindo uma volta gradual a normalidade, para que o organismo retorne a homeostase. Os valores encontrados no repouso para o pH foram de  $7,42 \pm 0,02$

unidades, para após 5 minutos de  $7,37 \pm 0,03$  unidades, e após 10 minutos foram de  $7,41 \pm 0,03$  unidades.



**Figura 3 - Comportamento do pH pré e pós luta nos atletas de karatê (n=19).  
Fonte: O autor (2015).**

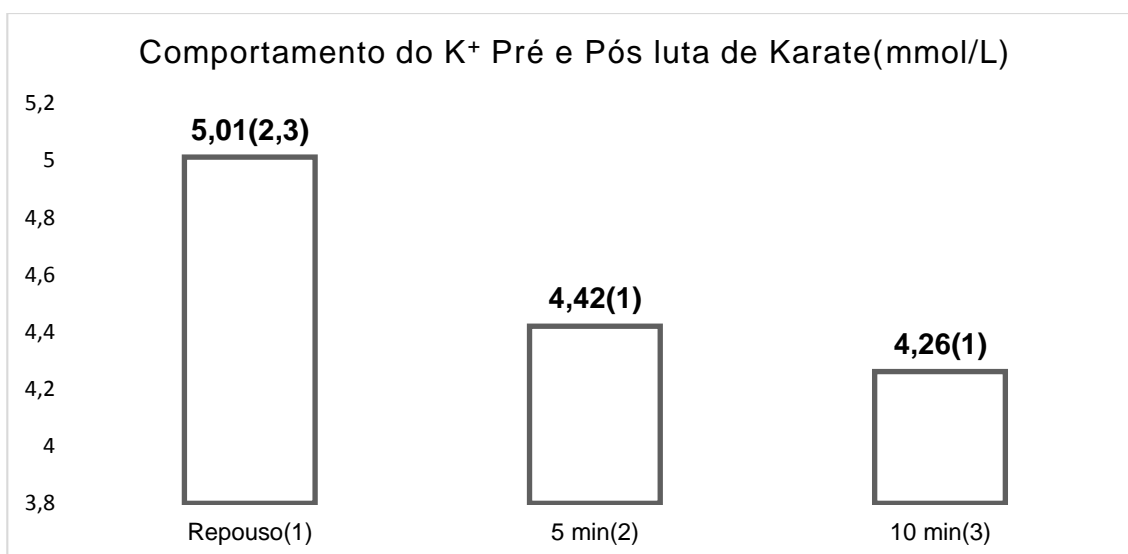
Os resultados obtidos para o Sódio ( $\text{Na}^+$ ) repouso, após 5 minutos e após 10 minutos estão apontados na Figura 4. Apesar do aumento durante as fases, não foram encontrados valores estatísticos significativos ( $p < 0,05$ ). A concentração de  $\text{Na}^+$  passou de  $142,8 \pm 2,2$  mmol/L no repouso, para  $143,3 \pm 1,7$  mmol/L em 5 minutos pós-esforço e  $143,5 \pm 2,4$  mmol/L para 10 minutos pós-esforço.



**Figura 4 - Comportamento do Sódio ( $\text{Na}^+$ ) pré e pós luta de Karatê (n=19).  
Fonte: O autor (2015).**

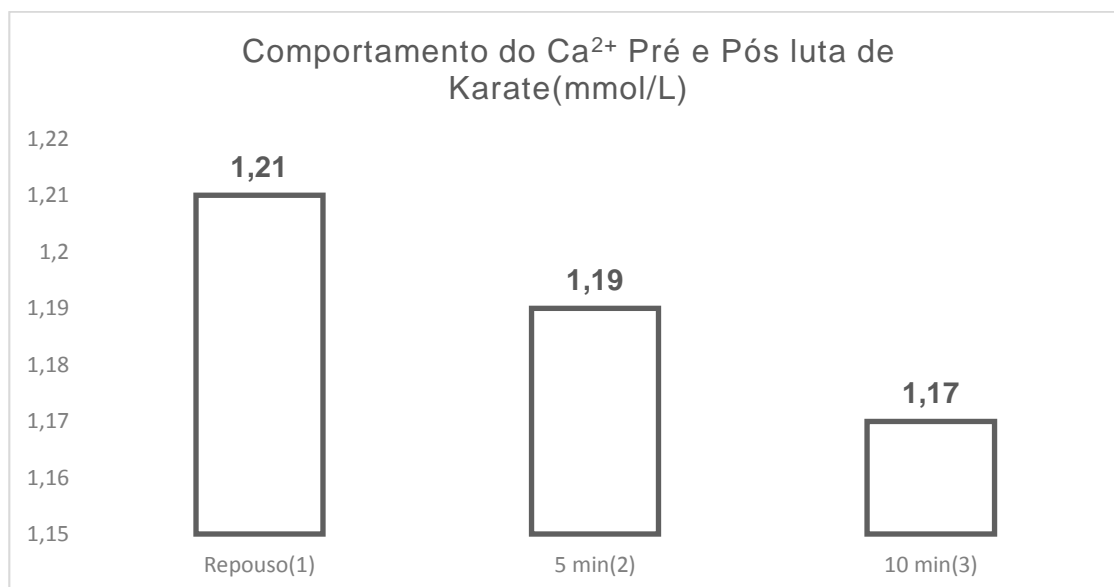


A concentração de potássio ( $K^+$ ) é expressa na Figura 5. As análises das concentrações de potássio são estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) no repouso para os momentos posteriores ao exercício, não existiu diferença entre os dois momentos pós esforço. O valor do potássio em repouso foi de  $5,01 \pm 0,6$  mmol/L, sofrendo uma diminuição para  $4,42 \pm 0,54$  mmol/L após 5 minutos e uma nova diminuição  $4,26 \pm 0,33$  mmol/L no momento de 10 minutos após o exercício.



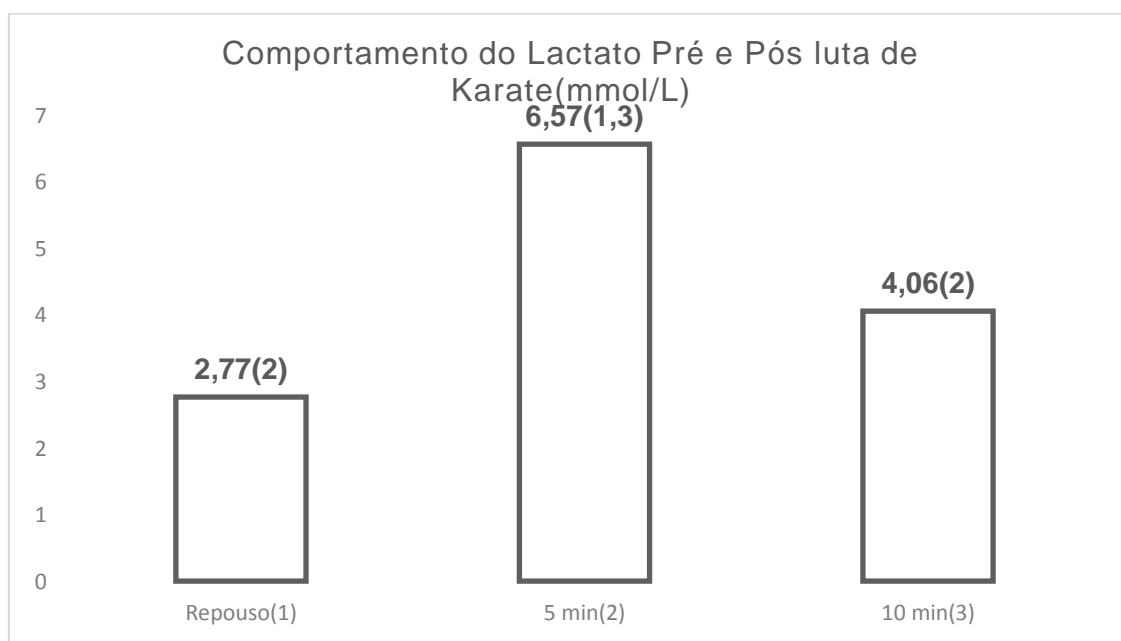
**Figura 5 - Comportamento do potássio ( $K^+$ ) pré e pós luta de Karatê ( $n=19$ ).  
Fonte: O autor (2015).**

As concentrações de Cálcio ( $Ca^{2+}$ ), mostradas na Figura 6, não reportaram diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) em nenhum dos momentos coletados. O valor em repouso foi de  $1,21 \pm 0,04$  mmol/L, diminuindo para  $1,19 \pm 0,05$  mmol/L 5 minutos após exercício sofrendo novo decréscimo aos 10 minutos, com resultados de  $1,17 \pm 0,05$  mmol/L.



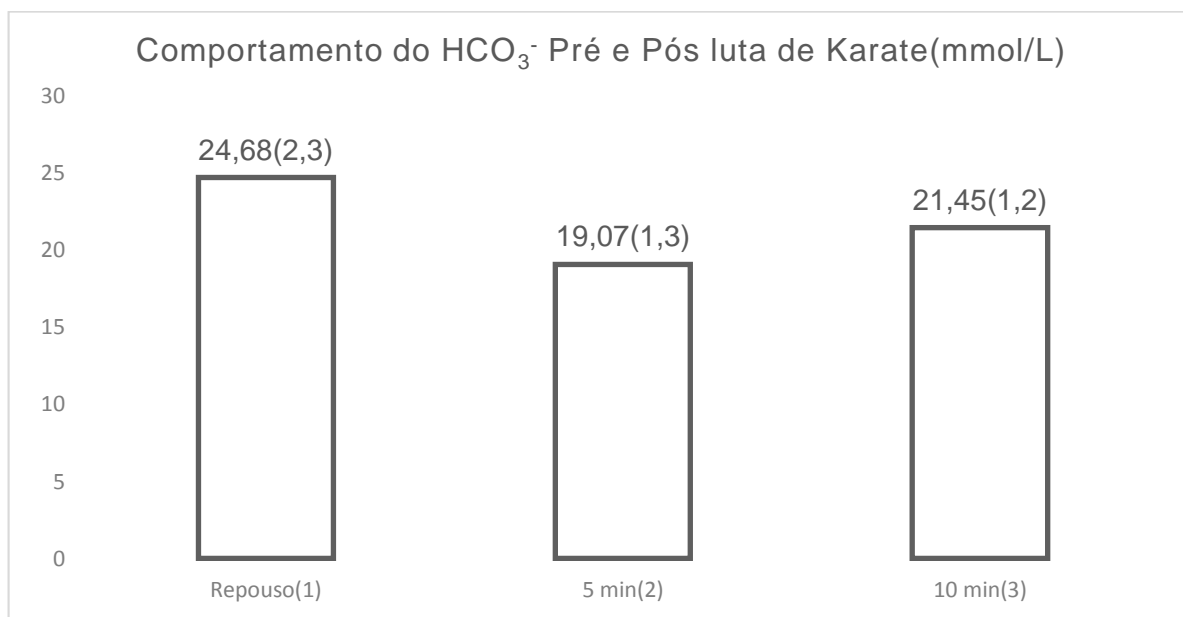
**Figura 6 - Comportamento do Cálcio (Ca<sup>2+</sup>) pré e pós luta de Karatê (n=19).**  
Fonte: O autor (2015).

As alterações do Lactato são exibidas na Figura 7. As alterações estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) foram encontradas no momento de repouso para após 5 minutos e neste para o após 10 minutos. Novamente não foi encontrada diferença significativa para o repouso em comparação com 10 minutos após o exercício, reiterando uma volta aos padrões normais nos parâmetros avaliados. As variações de repouso para após 5 minutos foram de  $2,77 \pm 0,96$  mmol/L para  $6,57 \pm 2,104$  mmol/L. Os valores para o momento após 10 minutos foram de  $4,06 \pm 1,55$  mmol/L.



**Figura 7 - Comportamento do Lactato pré e pós luta de Karatê (n=19).**  
Fonte: O autor (2015).

A Figura 8 exibe o comportamento do bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) nos três diferentes momentos. As concentrações de bicarbonato são estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre todos os momentos coletados. A concentração de bicarbonato em repouso é de  $24,68 \pm 1,52$  mmol/L, sofrendo uma baixa no momento 5 minutos após esforço  $19,07 \pm 2,87$  mmol/L e uma elevação significativo no momento 10 minutos após esforço  $21,45 \pm 2,03$  mmol/L.



**Figura 8 - Comportamento do Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) pré e pós luta de Karatê (n=19).  
Fonte: O autor (2015).**

## 5 DISCUSSÃO

Um dos maiores desafios dos atletas e treinadores de Karatê é o entendimento dos mecanismos fisiológicos que podem contribuir para o desempenho nas competições (BASSAN, 2007; MILANES et al., 2012). Através das informações sobre o estado fisiológico dos atletas, podem ser tomadas providências relacionadas ao ajuste das suas cargas de treinamento no alto rendimento.

Um trabalho a ser citado e comparado é o de Bassan (2007) devido a metodologia similar utilizada, análise dos marcadores eletroquímicos na mesma modalidade e utilização do grupo de atletas de Karatê em situação de combate (kumite). A coleta foi realizada no campeonato mundial da *World Karate Organization* no ano 2000, mesma organização da coleta do presente estudo no ano de 2014. No estudo de Bassan, (2007) foram avaliados 12 atletas de Karatê, média de idade de  $30 \pm 9$  anos, em três momentos: repouso, após 5 minutos e após 10 minutos do combate. Também foi realizado um grupo controle com praticantes da modalidade com nível de treinamento com objetivo a satisfação pessoal para comparação.

As alterações no pH são aparentemente pequenas, mas já apresentam diferença estatística significativa para o valor encontrado após o combate. Resultado também encontrado no trabalho de Bassan (2007), os valores de pH de repouso são de 7,4, sendo alterados para 7,28 no momento após 5 minutos e 7,34 após 10 minutos do combate. Ambos os resultados realizam a mesma curva gráfica e tendem a demonstrar o mecanismo de homeostase do pH, sendo os resultados deste estudo 7,42 para o momento de repouso, 7,37 na coleta após 5 minutos da realização do combate e 7,41 para 10 minutos após o combate.

As respostas da concentração de  $H^+$ , do lactato e do seu tampão, o bicarbonato, estão de acordo com a literatura (RAVIER et al., 2006; BASSAN, 2007; CARMO et al., 2009). Em sua maioria, os estudos utilizam apenas o lactato como marcador bioquímico e devido às dificuldades metodológicas, alguns estudos se utilizam de simulações de combates, e não diretamente no momento competitivo.

Os estudos em atletas de elite em competições oficiais de Beneke et al. (2004) e Doria et al (2009) analisaram que o sistema aeróbio com alta utilização

de fosfatos parece dominante no kata (simulação de movimentos de luta) e no kumite (combate) com duração maiores que 90 segundos.

As análises de lactato, amplamente utilizadas no meio esportivo, obtiveram valores similares à literatura. Em comparação ao estudo de Bassan (2007), os resultados do presente estudo foram inferiores no momento após 5 minutos, com resultados de 6,5 mmol/L encontrados no campeonato de 2014 para 9,2 mmol/L encontrados no campeonato de 2000. Existem três justificativa plausíveis para esta diferença: uma seria a mudança nas regras do campeonato, no qual o tempo do combate foi diminuído para 2 minutos, anteriormente o tempo total era de 3 minutos; outra diferença provável são os fatores ambientais, o campeonato do ano 2000 foi realizado na Europa no final do inverno, em contrapartida, o estudo atual foi realizado no Brasil no início do verão, a terceira diferença possível é a diferença de nível técnico e tático dos atletas.

Nesta esteira, outra diferença relacionada aos dois trabalhos são os valores no tempo de recuperação dos atletas pesquisados. Os valores encontrados após 10 minutos no campeonato mundial realizado no ano 2000 são de 7,1 mmol/L, este resultado é mais elevado que o valor encontrado no presente estudo para o momento de após 5 minutos (6,57 mmol/L), mostrando diferentemente de como o estudo atual sugere uma aparente volta aos estados normais do atleta após 10 minutos, com valores de 4,06 mmol/L.

Ainda relacionado ao lactato, após uma luta de Karatê em momento de competição, o valor apresentado por Milanés et al. (2011) foi de  $7,6 \pm 1,3$  mmol/L nos atletas participantes. Neste estudo foram avaliados 7 atletas, em uma luta com 2 minutos de duração, tempo igual ao presente estudo. A curva do lactato foi semelhante a encontrada, com maior valor encontrado no momento pós esforço, com o passar do tempo, estes valores sofrem leve declínio. Porém após o décimo primeiro minuto os valores não mostraram diferença a ponto de sugerir uma volta à normalidade, diferenciando do presente trabalho, onde os atletas já apresentaram tendências de uma volta à normalidade com valores não significativos em comparação com as coletas de repouso.

As pesquisas realizadas em simulações de combate podem apresentar diferenças nos valores quando comparados às situações de competição. Na pesquisa de Beneke et al. (2004), os números de ações de ataque e defesa são 30-50% menores que em situações reais de competição. Isso pode explicar os índices de

lactato serem de 10-40% mais altos em situações de competição quando comparados a simulações. Neste estudo, Beneke et al. (2004) encontrou valores de lactato de  $7,7 \pm 1,9$  mmol/L pós esforço em simulação de combate de atletas de Karatê, valores próximos ao coletado no presente estudo de 6,57 mmol/L, tendo em vista que a coleta ocorreu 5 minutos após o combate, já podendo ocorrer uma baixa nos valores quando comparados com logo após o esforço.

Existe similaridade também nos valores de lactato com os encontrados por Valenzuela et al.(2014) em seu estudo com taekwondo. Apesar de um tempo de execução maior, os intervalos acarretam uma mudança metabólica nos atletas. Os atletas avaliados no estudo possuíam idade média de  $23,4 \pm 3,1$  anos, e foram encontrados valores de lactato de  $6,90 \pm 1,70$  mmol/L em uma simulação de luta, com três *rounds* de dois minutos de duração e um minuto de intervalo entre cada *round*.

Apesar de características semelhantes ao karatê, o estudo de Artioli et al. (2009) com atletas de kung-fu apresentou resultados acima dos encontrados no presente estudo para o lactato. Sua pesquisa buscou determinar o perfil fisiológico, nutricional e avaliar o desempenho em atletas de kung-fu. Seus resultados foram significativos na comparação entre o teste máximo do WINGATE em uma simulação de combate. Os atletas apresentaram  $10,8 \pm 2,0$  mmol/L nos valores do lactato para o teste de WINGATE e  $12,0 \pm 1,8$  mmol/L para o combate simulado.

Para reiterar a importância dos estudos nos momentos de competição, e seus dados mais precisos dentro da especificidade esportiva o estudo realizado por Chaabène et al. (2014) concluiu que a relação esforço-pausa é maior nas situações de simulação, e, sendo assim, os níveis de lactato são maiores em situação de competição. No protocolo de avaliação utilizado por este estudo também foi coletado sangue da ponta dos dedos através de capilares, em três momentos distintos: repouso, logo após o combate e 3 minutos após o combate. O trabalho comparou os valores de lactato de lutadores em situação de competição e em simulação de combate. Os resultados pós esforço na análise comparativa foram de  $7,8 \pm 2,7$  mmol/L para o combate simulado e de  $11,14 \pm 1,8$  mmol/L para o momento de competição.

Apesar de haver uma diferença significativa nos valores de lactato na comparação entre kata e kumite, na qual o kumite tem um índice maior (DORIA et al. 2009), o estudo de Bussweiller e Hartmann (2012) pode ser utilizado pelo tempo de execução similar e com pouca relação esforço pausa presente nos movimentos de luta estudados. Este estudo avaliou o metabolismo de caratecas na execução do kata

(movimentos de luta) Heian Nidan, com duração aproximada de 30s. As concentrações de lactato após duas execuções seguidas do kata foram de 8,1 mmol/L. Bussweiler e Hartmann, (2012) com esses valores sugerem uma dominância no sistema glicólítico na modalidade.

Os estudos referentes a lutas e ao distúrbio ácido-básico analisam componentes isolados do sistema. São escassos os estudos relacionados aos esportes de luta que utilizam a mensuração de pH, lactato e bicarbonato como complemento bioquímico.

Existe pouca literatura referente a relação do bicarbonato com o Karatê. Os estudos envolvendo práticas esportivas sugerem uma suplementação do bicarbonato para aumento no tamponamento, e conseqüentemente aumento da resistência ao H<sup>+</sup>. (ARTIOLI et al., 2009; AQUINO et al., 2009). Os estudos citados não utilizam diretamente a mensuração do bicarbonato, utilizam o lactato e sua relação para o controle fisiológico.

Os valores encontrados no trabalho de Bassan (2007) refletem a importância do bicarbonato como substância tampão e sua direta relação com o lactato em esportes de combate. Neste mesmo estudo, os resultados relacionados ao bicarbonato apresentaram diferenças estatísticas em todos os momentos coletados, entre repouso, após 5 minutos e após 10 minutos da realização do combate. Esse comportamento é similar ao presente estudo, no qual houve diferença estatística entre todos os momentos. Os valores encontrados são ligeiramente menores quando comparados e que podem ser relacionados novamente a diferença relacionada ao tempo de execução das atividades.

Os resultados dos eletrólitos sódio, potássio e cálcio no estudo não apresentaram diferenças estatísticas significativas, isto ocorreu apenas no potássio nos momentos pós exercício, o que nos sugere uma resposta rápida dos mecanismos dos eletrólitos nos exercícios intermitentes, buscando ajuste no equilíbrio bioquímico e metabólico.

A importância do sódio no organismo e seus estudos estão voltados normalmente a hiponatremia (HIDRATA et al., 2012). Em relação aos valores de potássio, seu decréscimo encontrado no estudo com o decorrer do tempo pode ser explicado pela maior ativação na bomba sódio-potássio. Essa ativação sugere que níveis elevados da bomba Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> auxiliam a atrasar a fadiga durante exercícios intensos de curta duração (IAIA et al. 2011).

As respostas obtidas no estudo quando comparadas ao trabalho de Bassan, (2007) apresentam valores e comportamento diferentes para o sódio e similares para o potássio. O sódio apresenta diferenças estatísticas entre os dois grupos no trabalho de Bassan (2007), os valores apresentam seu valor máximo no momento de 5 minutos pós combate e após 10 minutos já é encontrada uma diminuição em sua concentração, sugerindo uma volta ao estado de repouso. Diferentemente do presente estudo onde os resultados têm seu maior valor encontrado no momento após 10 minutos.

Em relação ao potássio, os resultados encontrados por Bassan (2007) foram inferiores aos resultados atuais. Sendo que este foi o único marcador que apresentou resultados inferiores na comparação entre os estudos. Seus valores foram de 4,4 mmol/L no momento de repouso, 4,1 mmol/L após 5 minutos e 4,0 mmol/L após 10 minutos. Apesar dos valores abaixo dos encontrados a resposta é similar como o maior valor encontrado no repouso e o menor valor encontrado aos 10 minutos pós exercício.

Os estudos relacionados aos eletrólitos estão normalmente realizados em exercícios prolongados e quando submetidos a diferenças de temperatura, isto devido a uma grande perda de eletrólitos decorrentes da sudorese (MARA et al., 2007; BECKER et al., 2011).

Apesar de importante atuação na contração muscular os valores do cálcio quando relacionados a estudos envolvendo gasometria e atividades de combate não se mostram significativos. O trabalho de Bassan (2007) não apresenta diferença nos valores em nenhum momento coletado, o valor constante foi de 2,4 mmol/L, este valor em comparação foi maior do que o coletado no presente estudo, com valor máximo de 1,21 mmol/L no momento de repouso.



## 6 CONCLUSÃO

A modulação eletroquímica e as alterações metabólicas demonstraram um comportamento característico nas modalidades de luta e de esportes de alta intensidade e curta duração. Elucidados os mecanismos supracitados, tais dados podem indicar o nível de treinabilidade do atleta bem como ajudar a compor as cargas de treinamento.

As coletas realizadas diretamente dentro da especificidade esportiva, em momento de competição e com análise imediatamente após a coleta fornecem fidedignidade ao estudo, auxiliando assim, treinadores e atletas no desempenho esportivo.

Os dados levantados nos levam a reflexão que a modalidade pode ser caracterizada como exercício de alta intensidade e com predominância do sistema glicolítico. Através da análise dos marcadores eletrolíticos, estes não apresentam tantas variações quando comparados ao distúrbio do ácido-básico, sendo ambos auxiliares no controle das cargas de treinamento para esportes de alta intensidade e curta duração.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, D.G., LAMB, G. D., WESTERBLAD, H. Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. **Physiological Reviews**. 88: 287-332. 2008.

ARGYRIS, G.T.; AIKATERINI, P.T.; ILIAS G.S.; HELEN, T.D.; SAVVAS, P.T. Training-induced changes on blood lactate profile and critical velocity in young swimmers. **Journal of Strength and Conditioning research**. 25;6, 2011.

ARTIOLI, G.G.; GUALANO, B.; FRANCHINI, E.; BATISTA R.N.; POLACOW, V.O.; LANCHI AH. Physiological performance, and nutritional profile of the Brazilian Olympic Wushu(kung-fu) team. **Journal Strength and Conditioning Research**. Jan;23(1):20-5. 2009

AQUINO, D.C.; NAVARRO, A.C.; NAVARRO, F. Os efeitos do bicarbonato de sódio na concentração de lactato e na performance de corredores de meio-fundo e fundo. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. São Paulo, v.3. n.16, p. 412-424. Julho / Agosto. 2009.

BASSAN, J. C; **Determinación de patrones bioquímico en el deporte de combate de alto rendimiento**. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde e Esporte) Universidad Católica San Antonio, Murcia, Espanha, 2007.

BECKER, G.; FLORES, L.; SCHNEIDER, C.; LAITANO, O. Perda de eletrólitos durante uma competição de duatlo terrestre no calor. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**. 25(2), 215-223, 2011.

BENEKE, R.; BEYER, T.; CHRISTOPH, J.; ERASMUS, J.; HUTLER, M. Energetics of Karatê kumite. **European Journal of Applied Physiology**. 92: 518-523, 2004.

BENJAMIN, H.; NIKLAS, B. DIETER, B. The influence of sex, stroke and distance on the lactate characteristics in high performance swimming. **Plos One**.8;10, 2013.

BISHOP, P.E.; MARTINO, M. Blood lactate measurement in recovery as adjunct to training: practical considerations. **Sports Medicine**. 16(1): 5-13. 1993.

BRIDGE, C. A.; SANTOS, J. F.S.; CHAABÈNE, H.; PIETER, W.; FRANCHINI, E. Physical and Physiological Profiles of Taekwond Athletes. **Sports Medicine**. 44:713-733. 2014.

BROCH-LIPS, M.; de PAOLI, F.; PEDERSEN, T.H.; NIELSEN, O.B.; BENZIANE, B.; CHIBALIN A.V.; PIRKMAJER, S.; MCKENNA, M. J.; GOODMAN, C.A. Commentaries on viewpoint: maximal Na<sup>(+)</sup> - K<sup>(+)</sup>-ATPase activity is upregulated in association with muscle activity. **Journal of Applied Physiology** (112(12): 2124-2126. 2012.

BROOKS, G. A.; FAHEY, T. D.; BALDWIN, K. M. **Fisiologia do exercício: bioenergética humana e suas aplicações**. São Paulo: Phorte. 2013.

BUSSWEILER, J.; HARTMANN, U. Energetics of basic kata. **European Journal Applied Physiology**. 112:3391-3396, 2012.

CARMO, C.A.; NAVARRO, F.; NAVARRO, A.C. Estudo dos efeitos da ingestão de bicarbonato de sódio em exercícios intensos e intervalados para nadadores. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. São Paulo, v.3.n.16, p. 329-340. Julho / Agosto, 2009.

CHAABÈNE, H.; HACHANA, Y.; FRANCHINI, E.; MKAOUER, B.; CHAMARI, K. Physical and physiological profile of elite Karatê athletes. **Sports Medicine**. 42(10):829-843. 2012.

CHAABÈNE, H.; MKAOUER, B.; FRANCHINI, E.; SOUISSI, N.; SELMI, M. A.; NAGRA, Y.; CHAMARI, K. Physiological responses and performance analysis difference between official and simulated Karatê combat conditions. **Asian Journal of Sports Medicine**. Volume 5 (number 1), pages: 21-29; 2014.

CANEPARI, M.; PELLEGRINO, M.A.; D'ATONA, G.; BOTTINELLI, R. Single muscle fiber properties in aging and disuse. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v. 10, p. 10-19. 2010.

CHIN, E.R.; ALLEN, D.G. The contribution of pH dependent mechanisms to fatigue at different intensities in mammalian single muscle fibres. *Journal of Physiology*. 512(3): 831-40, 1998.

CLARKE, N.D.; DRUST, B.; MACLAREN, D.P.M.; REILLY, T. Strategies for hydration and energy provision during soccer-specific exercise. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. 15: 625-640. 2005

DEVLIN, T.M. **Manual de Bioquímica com correlações clínicas**. São Paulo: Blucher, 2011.

DORIA, C.; VEICSTEINAS, A.; LIMONTA E.; MAGGIONI E.; MAGGIONI M.A.; ASCHIERI, P.; EUSEBI F.; FANÒ G.; PIETRANGELO T. Energetics of Karatê (kata and kumite techniques) in top-level athletes. **European Journal of Applied Physiology**. 107(5):603-10, 2009.

FERREIRA-JUNIOR, M.; LICHTRENSTEIN, A.; SALES, M.M.; TANIGUCHI, L.U.; AGUIAR, F.J.B.; FONSECA, L.A.M.; SUMITA, N.M.; DUARTE, A.J.S. Rational use of blood calcium determinations. **São Paulo Medical Journal**. 132(4):243-8,2014.

FRANCISCHINI, E. **Fisiologia do exercício intermitente e de alta intensidade**. 1. Ed. São Paulo: Phorte, 2014.

FREITAS, D.S.; MIRANDA, R.; BARA FILHO, M. Marcadores psicológico, fisiológico e bioquímico para determinação dos efeitos da carga de treino e do overtraining. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. 11(4):457-465. 2009.

GREEN, H. J.; DUHAMEL, T. A. SMITH, I. C.; RICH, S. M.; THOMAS, M.; OUYANG, J.; YAU, J. E. Muscle fatigue and excitation-contraction coupling responses following a session of prolonged cycling. **Acta Physiologiae Plantarum Journal (Oxf)**. 203(4): 441-455, 2011.

GREEN, S. Measurement of anaerobic Works capacities in humans. **Sport Medicine**. 19:31-42, 1995.

HIDRATA, N.; VIST, P.; LIBERALI, R. Hiponatremia em atletas. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**. 2(12), 462-471, 2012.

IAIA, F.; PEREZ-GOMEZ, J.; THOMASSEN, M.; NORDBORG, N.; HELLSTEN, Y.; BANGSBO, J. Relationship between performance at different exercise intensities and skeletal muscle characteristics. **Journal of Applied Physiology**. v. 110, n. 1, p. 1555-1563. 2011.

JAIME, H.; ALVARO, Z.; DIEGO, C.; MIGUEL, L.; JAIR, B.; Effect of active versus passive recovery on performance intrameet swimming competition. **Sports Helth: A multidisciplinary approach**. 2013.

JORDAN, S.C.; CRISTINA, G.; JON, I.; IRAIA, B.L.; JON, Z.L.; SUSANA, M. Tempo para exaustão no acúmulo de lactato sanguíneo em corredores com diferentes habilidades atléticas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 19;4,2013.

LIMA, E.V.; TORTOZA, C.; ROSA, L.C.L.; LOPES-MARTINS, R.A.B. Estudo da correlação entre a velocidade de reação motora e o lactato sanguíneo, em diferentes tempos de luta no judô. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. vol.10 no.5 Niterói Sept./Oct. 2004.

LUCAS, R.D; DEADAI, B.S.;GRECO, C.C; Respostas fisiológicas durante o exercício contínuo e intermitente: implicações para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio. **Revista Motriz**. Rio Claro, v.15 n.4 p.810-820, out./dez. 2009.

LODISH, H.; BERK, A.; KAISER, C. A.; KRIEGER, M.; BRETSCHER, A.; PLOEGH, H.;AMON, A. **Biologia celular e molecular**. 7.ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

MARA, L.S.; LEMOS, R.; BROCHI, L.; ROHLFS, I.C.P.M.; CARVALHO, T. Alterações hidroeletrólíticas agudas ocorridas no Thriatlon Ironman Brasil. **Revista Brasileira de medicina do esporte**. Vol. 13. N. 6 - nov / dez,2007.

MARGARITOPOULUS, S.; THEODOROU, A.; METHENITIS, S.; ZARAS, N.; TSOLAKIS, C. The effect of plyometric exercises on repeated strength and power performance in elite Karatê athletes. **Journal of Physical Education and Sport**. 15(2), Art 47, pp.310-318, 2015.

MASORO, E.J; SIEGEL, P.D. **Equilíbrio ácido-básico: fisiologia, fisiologia patológica e interpretação de análises de gases no sangue**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1979.

MAUGHAN, R; GLEESON, M.; GREENHAFF, P. L. **Bioquímica do exercício e do treinamento**. 1 ed. São Paulo: Manole, 2000.

McARDLE, W. D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5 ed. São Paulo: Manole, 2003.

MILANES, V.; LIMA, M.; PERANDINI, L; GONÇALVEZ, C; FRANCHINI, E. Avaliação e comparação das respostas da percepção subjetiva de esforço e concentração de lactato em uma competição oficial de Karate. **Revista da Educação Física/UEM**. 22(1), 57-64, 2011.

MILANES, F. V.; PEDRO, R. E. Aplicação de diferentes métodos de quantificação de cargas durante uma sessão de treinamento de Karatê. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. vol.18 no.4 São Paulo July/Aug. 2012

MOOREN, F.C; KLAUS, V. **Fisiologia do exercício molecular e celular**. São Paulo: Santos, 2012.

MORI, S.; OHTANI, Y.; IMANAKA, K. Reaction times and anticipatory skills of Karatê athletes. **Human Movement Science**. Amsterdam, 21(2):2013-230, 2002.

NEDER, J. A.; NERY, L. E. **Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática**. São Paulo: Artes Médicas, 2003.

NUNAN, D. Development of a sports specific aerobic capacity test for Karate: a pilot study. **Journal of Sports Science and Medicine**. Bursa, v.5, p. 47-53, 2006.

PETIBOIS, C.; DELERIS, G. Fourier-transform infrared spectrometry determination of the metabolic changes during a maximal 400-meter swimming test. **International Journal Sports Medicine**. 24, 313-319. 2003.

PINTO, C.L; PAINELLI, V.S.; JUNIOR, A.H.L.; ARTIOLI, G.G. Lactato: de causa de fadiga a suplemento ergogênico ? **Revista Brasileira de ciência e movimento**. 22(2):173-181,2014.

PLOWMAN, S.A.; SMITH, D.E L. **Fisiologia do exercício para a saúde, aptidão e desempenho**. Rio de Janeiro: Koogan, 2010.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e desempenho**. 8.ed. Barueri: Manole, 2014.

RAVIER, G.; DUGUÉ, B.; GRAPPE, F.; ROUILLON, J.D. Maximal accumulated oxygen deficit and blood response of ammonia, lactate and pH after anaerobic test: a comparison between Internacional and Nacionall elite Karatê athletes. **International Journal Sports Medicine**.27:810-817, 2006.

RONNBACK, M.; HERNELAHTI, M.; HAMALAINEN, E.; GROOP, P.H.; TIKKANEN, H. Effect of physical activity and muscle morphology on endothelial function and arterial stiffness. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v. 17, p. 573-579. 2007.

SANCHEZ-PUCCINI, M. B.; ARGOTHY-BUCHELI, R. E.; MENESES-ECHÁVEZ, J. F.; LÓPEZ-ALBÁN, C. A.; RAMÍRES-VÉLEZ, R. Anthropometric and Physical Fitness Characterization of Male Elite Karate Athletes. **International Journal of Morphology**. Vol.32, n.3. Temuco. Set, 2014.

SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana uma abordagem integrada**. 5.ed. Porto Alegre, Artmed, 2010.

SMITH, COLLENN; MARKS, ALLAN D.; LIEBERMAN, MICHAEL. **Bioquímica Médica Básica de Marks: uma abordagem clínica**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

TABBEN, M.; SIOUD, R.; HADDAD, M.; FRANCHINI, E.; CHAOUACHI, A.; COQUART, J.; CHAABÈNE, H.; CHAMARI, K.; TOURNY-CHOLLET, C. Physiological and perceived exertion responses during international Karatê kumite competition. **Asian Journal of Sports Medicine**; Vol 4( No 4), December 2013.

THIBODEAU, G. A.; PATTON, K. T. **Estrutura e funções do corpo humano**. São Paulo: Manole, 2002.

THOMAS, J.; NELSON, J.; SILVERMAN, S. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6º ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

TURPEINEN, J.P.; LEPPAVUORI, J.; HEINONEN, O.J.; KAILA, K.; SALO, J.; LILJA, M.; KESANIEMI, Y.A. Muscle fiber type I influences lipid oxidation during low-intensity

exercise in moderately active middle-aged men. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v. 16, p. 134-140. 2006.

UCSF Medical Center. GEM Premier 3000 for Blood Gas, Sodium, Potassium, Ionized Calcium, Glucose, Lactate & Hematocrit in Arterial and Venous Blood. 6/2013. Retirado de <http://labmed.ucsf.edu/labmanual/mftlng-mtzn/dnld/poct-GemPremier3000.pdf>, acessado dia 28/08/2013.

VALENZUELA, T.; LÓPEZ, J.; FRANCHINI, E. HENRÍQUEZ-OLGUÍN, C.; MUÑOS, E. Physiological and physical profile of taekwondo athletes of different age categories during simulated combat. Ido Movement for Culture. **Journal of Martial Arts Anthropology** 14(2), 36-40, 2014.

WASSERMAN, K. The anaerobic threshold: theoretical basis, significance evaluation of the athlete. **Sports Medicine**. 49:247-60, 1996.

WILDMAIER, E. P.; RAFF, H.; STRANG, K. T. **Fisiologia humana: os mecanismos das funções corporais**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

WILMORE, JACK H.; COSTILL, DAVID L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2.ed. Manole, 2013.

ZAHA, A.; FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M. P. **Biologia molecular básica**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.



## APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**De: Laboratório de Fisiologia do Exercício e Densitometria Óssea**

**Para: Participante**

Este é um convite especial para você participar do estudo “**Determinação de padrões bioquímicos em modalidades aquáticas e terrestres.**”. Por favor, leia com atenção as informações abaixo antes de fornecer seu consentimento para participar da pesquisa. Qualquer dúvida sobre o assunto ou sobre esse documento pergunte ao pesquisador com que você está conversando neste momento.

Haja vista o que foi mencionado, este trabalho poderá embasar as modalidades pesquisadas, visto que na literatura, não há muitas referências a serem consultadas tanto para o desenvolvimento de conhecimento científico, quanto para auxiliar profissionais que atuam nas áreas estudadas.

Ao analisar os padrões bioquímicos com equipamentos com alta confiabilidade, há possibilidade de tornar a prática mais segura, reduzindo o índice de lesões e *overtraining*. Faz-se necessário considerar que não foram encontradas pesquisas acerca da modalidade utilizando aparelhos de análise bioquímica. Tal fato aumenta o ineditismo deste estudo, atribuindo um alto grau de relevância para a literatura.

Além do que foi citado, existe uma facilidade na realização do presente estudo. A Universidade Tecnológica Federal do Paraná poderá disponibilizar o equipamento necessário para as coletas. Sendo assim, os custos tornam-se mínimos, havendo possibilidade de serem financiados pelos próprios pesquisadores.

Acredita-se que os resultados irão contribuir para uma base científica mais consistente acerca da modalidade pesquisada. Sendo assim, tal fato poderá contribuir para a popularização das modalidades, resultando na melhora do desempenho esportivo dos atletas.

\_\_\_\_\_ (rubrica)

O referido estudo tem como objetivo: determinar o padrão bioquímico dos desportistas praticantes de modalidades aquáticas e terrestres. Para que o avaliado participe da pesquisa, deverá seguir alguns procedimentos metodológicos, sendo assim: A pesquisa consistirá em coleta de amostras de sangue em três situações distintas: antes do treino ou competição, aos cinco e aos dez minutos após o término do treino ou competição.

Para participar da pesquisa, você deverá ceder voluntariamente amostras biológicas para o estudo. Todo o procedimento será realizado por um profissional especializado. Todo o material utilizado será esterilizado e descartável.

Para realizar a análise de sangue será utilizado o equipamento de Gasometria GEM Premier 3000, utilizando os parâmetros de pH, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Glicose, Lactato, Hct e HCO<sub>3</sub>. A amostra será processada logo em seguida de sua coleta, garantindo a confiabilidade e obtendo resultados em tempo real.

Como fator de inclusão para participar deste estudo, considera-se: atletas adultos de karate acima dos 18 anos, faixas pretas e tempo de treino acima de cinco anos. Como fator de exclusão, considera-se: indivíduos que apresentem fraturas ou cirurgias anteriores; que manifestem acometimentos infectocontagiosos em qualquer momento do acompanhamento; que manifestarem o desejo de abandonar sua participação no estudo.

Caso o indivíduo avaliado, por qualquer motivo, não possa participar da coleta, como método alternativo será oferecido o mesmo sistema de treino sem a coleta sanguínea, utilizando percepção subjetiva do esforço para caracterizar a intensidade do exercício.

Ao assinar o presente termo, o atleta afirma ter sido alertado de que, da pesquisa a se realizar, pode esperar alguns benefícios, tais como identificar a real condição bioquímica e fisiológica perante o estresse competitivo ou do treinamento, visualizando se as cargas de treinamento estão sendo adequadas aos objetivos do esporte, bem como, os indicadores de lesão.

\_\_\_\_\_ (rubrica)

Sendo assim, serão oportunizadas aos técnicos e atletas melhores condições para a elaboração de planilhas de treinamento com dados laboratoriais.

Afirma ter recebido, por outro lado, o esclarecimento de que alguns riscos referentes aos procedimentos poderão vir a ocorrer, tais como: desconforto durante a coleta, desconforto comum a prática de exercícios físicos, os quais são passíveis de controle por meio de medidas preventivas.

O atleta afirma estar ciente de que sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, o identificar, é confidencial e será mantido em sigilo. Também foi informado de que pode se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de que, por desejar sair da pesquisa, não sofrerá qualquer prejuízo. Foi esclarecido, igualmente, que o atleta pode optar por métodos alternativos, porém não é o objetivo da pesquisa avaliar o tema por outro instrumento.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são: o Professor Cassio Dias de Andrade Júnior tel: (41) 9813-0648; Professor Lucas dos Santos Ferreira tel: (41) 9224-9935 e Professor Dr. Julio Cesar Bassan tel: (41) 9964-4220.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como o é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que o atleta queira saber antes, durante e depois da sua participação.

Estou ciente de que este termo será redigido em duas vias, sendo uma do pesquisador e uma minha. Estou ciente também que, caso concorde, devo assinar a última página e rubricar todas as páginas deste termo.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de tudo aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo da já referida pesquisa, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação. No entanto, caso ocorra algum dano decorrente da minha participação no estudo, serei devidamente indenizado, conforme determina a lei.

\_\_\_\_\_ (rubrica)

Nome, CPF e assinatura do sujeito da pesquisa

Nome: \_\_\_\_\_

CPF: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

Dr. Julio Cesar Bassan (CPF – 504.595.549-72)

jcbassan@gmail.com

---

Cassio Dias de Andrade Junior (CPF – 067.011.649-19)

juniorcassio1004@gmail.com

---

Lucas dos Santos Ferreira (CPF - 07556770990)

lucas.sbf@hotmail.com

Curitiba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014 .

## ANEXO A – PARECER DE APROVAÇÃO CEP

FACULDADES DOM BOSCO/  
PR



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** DETERMINAÇÃO DE PADRÕES BIOQUÍMICOS EM MODALIDADES AQUÁTICAS E TERRESTRES

**Pesquisador:** Cassio Dias de Andrade Júnior

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 24310313.3.0000.5223

**Instituição Proponente:** Faculdades Dom Bosco/ PR

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 500.790

**Data da Relatoria:** 11/12/2013

#### Apresentação do Projeto:

A pesquisa consistirá em coleta de amostras de sangue capilarizado em três situações distintas: antes da competição ou treino, aos cinco e aos dez minutos após o término da competição ou treino.

As amostras de sangue capilar serão coletadas mediante técnica de pulsão da polpa de um dos dedos da mão (BISHOP e MARTINO, 1993).

#### Objetivo da Pesquisa:

Determinar o padrão bioquímico dos desportistas praticantes de modalidades aquáticas e terrestres.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O projeto oferece certo desconforto no momento da coleta de amostra sanguínea, além de dores musculares e sensação de fadiga natural da prática de exercício físico, conhecimento dos praticantes. Os benefícios foram apresentados e estão de acordo.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto aprovado.

**Endereço:** Rua Paulo Martins, 332

**Bairro:** Mercês

**CEP:** 80.710-010

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (413)218--5582

**Fax:** (413)218--5559

**E-mail:** cep@dombosco.com.br

FACULDADES DOM BOSCO/  
PR



Continuação do Parecer: 500.790

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentasse de acordo com a Resolução 466/12.

**Recomendações:**

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Projeto aprovado.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

CURITIBA, 18 de Dezembro de 2013

---

Assinador por:  
**MARIA CRISTINA LEITE GOMES**  
(Coordenador)

**Endereço:** Rua Paulo Martins, 332

**Bairro:** Mercês

**CEP:** 80.710-010

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (413)218--5582

**Fax:** (413)218--5559

**E-mail:** cep@dombosco.com.br