

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO HUMANO

**Perfil físico, fisiológico e a relação entre modulação autonômica da
frequência cardíaca e variáveis de desempenho físico em atletas de
elite de karate do sexo feminino, em período competitivo**

Diego Spigolon
2020

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DIEGO SPIGOLON

**Perfil físico, fisiológico e a relação entre
modulação autonômica da frequência
cardíaca e variáveis de desempenho físico
em atletas de elite de karate do sexo
feminino, em período competitivo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade Metodista de Piracicaba, para obtenção do Título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Prof^a. Dra. Marlene Aparecida Moreno

**PIRACICABA
2020**

Dedico esta conquista especialmente aos meus pais, Otávio e Antonia, e minha esposa e filhos, Natalia, Nikolas e Betina, que me apoiaram em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me proporcionar tamanhas conquistas e alegrias, por guiar meus caminhos e me proteger durante todas as viagens em busca de meus sonhos.

À minha família, ao meu irmão Danilo, que saiu de casa novo e mesmo de longe, sempre se fez presente, aos meus pais, Otávio e Antonia, pelo amor e pela educação, por mostrar por meio do exemplo a importância do trabalho e do caráter digno. A minha esposa, que sem dúvida é minha maior incentivadora na busca do conhecimento, do aprimoramento profissional, que compreendeu minhas ausências e que me esperava pacientemente após cada compromisso, sempre disposta e ansiosa para ouvir sobre o conteúdo aprendido e as experiências vividas.

Aos companheiros da comissão técnica da Confederação Brasileira de Karate pela parceria ao longo dos últimos anos. A nutricionista especialista Camila Junqueira e ao amigo e professor especialista, Rodrigo Salvador, pelo grande auxílio durante as coletas dos dados.

Às atletas da seleção brasileira de karate que participaram deste estudo, meu muito obrigado por entenderem a importância do desenvolvimento científico em nossa modalidade.

À secretaria de esportes, lazer e atividades motoras do município de Piracicaba, pelo apoio durante minha formação.

À coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES/PROSUC) pela concessão da bolsa.

Por fim, termino agradecendo a todo o corpo docente da Universidade Metodista de Piracicaba, em especial a professora e amiga Dra. Charlini Simoni

Hartz pelo enorme auxílio no presente estudo e incentivo constante. À minha orientadora professora Dra. Marlene Aparecida Moreno, que mesmo com toda a demanda laboral, sempre esteve pronta para contribuir. À professora Dra. Maria Carolina Traina Gama e Dra. Fúlvia de Barros Manchado Gobatto, da Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciência Aplicadas – Campus Limeira, pela grande contribuição no presente estudo. Pessoas estas que se tornaram amigas, que me contagiaram nos mais simples gestos, que me ensinaram muito mais do que a literatura mostra, e que por meio do exemplo me ensinaram a excelência, e que ela não acontece apenas com discursos bonitos, ela acontece nas entrelinhas, quando não procuramos desculpas para nos proteger de nossas próprias falhas e fragilidades. Obrigado pelos momentos que aprendi ao lado de vocês.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil.

“Sucesso é o resultado da prática constante de fundamentos e ações vencedoras. Não há nada de milagroso no processo, nem sorte envolvida. Amadores aspiram, profissionais trabalham.”

(Bill Russel)

RESUMO

Introdução: O *Karate-Do* é uma das lutas mais praticadas no mundo e a crescente profissionalização do esporte, culminou com o ingresso nos Jogos Olímpicos de Tóquio 2020. No entanto, é necessário que o esporte caminhe também do ponto de vista científico, avançando no conhecimento das variáveis fisiológicas relevantes para o desempenho. Sob esse aspecto, entender o perfil físico, fisiológico e o comportamento das variáveis relacionadas ao desempenho físico de atletas de elite do sexo feminino no karate em fase competitiva, pode trazer informações importantes para um maior desenvolvimento do esporte, visto a carência de dados na literatura com esta população. **Objetivos:** Caracterizar o perfil físico e fisiológico de atletas de elite do sexo feminino da modalidade e correlacionar índices da VFC com variáveis de desempenho físico em fase competitiva. **Métodos:** Participaram do estudo atletas da seleção brasileira feminina de karate sênior (adulta) [6 (idade 26 ± 6 anos; estatura $160,5 \pm 6,6$ cm; massa corporal $58,3 \pm 8,6$ kg; índice de massa corporal $22,5 \pm 2,2$ kg/m²; percentual de gordura de $17,7 \pm 4,4\%$; massa magra $47,7 \pm 5,2$ kg; experiência de 17 ± 5 anos na modalidade; frequência semanal de 5 ± 1 treinos técnicos e de 5 ± 1 treinos físicos; somando volume semanal de 15 ± 4 horas). Foram avaliadas a modulação autonômica da frequência cardíaca (MAFC) por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), o consumo pico de oxigênio por meio da ergoespirometria de campo em protocolo específico denominado *Karate Specific Test* (KST), composição corporal, função muscular global do CORE, força muscular respiratória pela medida das pressões respiratórias máximas, testes neuromusculares para os membros inferiores pelo salto vertical contramovimento (CMJ) e o teste de força específico do soco do karate (*chudan-gyako-zuki*) para membros superiores. **Resultados:** A correlação entre o RMSSD e o tempo de exaustão do teste ($r=-0,06$; $p=0,45$), o pico de lactato ($r=-0,29$; $p=0,57$) e o Epoc absoluto ($r=-0,25$; $p=0,31$) foi classificada como insignificante, enquanto a correlação com o consumo pico do oxigênio proposto por Tabben absoluto ($r=0,34$; $p=0,25$) e relativo ($r=0,43$; $p=0,20$) e o Epoc_{fast} ($r=-0,31$; $p=0,27$) foi classificada como baixa, já a correlação com o pico de consumo de oxigênio absoluto ($r=0,65$; $p=0,08$), o pico de ventilação ($r=0,64$; $p=0,08$), o Epoc relativo ($r=-0,51$; $p=0,15$) e a pressão expiratória máxima ($r=0,64$; $p=0,08$) foi classificada como moderada, entretanto melhores índices de classificação na correlação com o RMSSD e com significância estatística foram a pressão inspiratória máxima (PI_{max}) ($r=0,74$; $p=0,04$), que foi considerada alta, e muito alta em relação aos valores do pico de consumo de oxigênio relativo ($r=0,98$; $p=0,00$). **Conclusão:** A caracterização do perfil físico, fisiológico e antropométrico apresentou dados que diferem em alguns aspectos daqueles observados na literatura, portanto é importante caracterizar as atletas do sexo feminino de alto desempenho, visto a carência de estudos com tal população. Ainda, o índice RMSSD apresentou correlação positiva com o pico do consumo de oxigênio relativo no KST e com a PI_{max} , indicando que a MAFC tem correlação com variáveis de desempenho aeróbio e força muscular respiratória em atletas de elite do sexo feminino em fase competitiva. **Palavras chave:** perfil, karatê, modulação autonômica, variabilidade da frequência cardíaca, *Karate Specific Test*, salto vertical, função global do CORE, força muscular respiratória.

ABSTRACT

Introduction: Karate-Do is one of the most traditional and practiced fights in the world and the growing professionalization of the sport, culminates with the entry of the modality in the Tokyo 2020 Olympic Games. Advancing in the knowledge of the physiological variables relevant to the performance. In this regard, understanding the physical, physiological profile and behavior of variables related to the performance of elite female athletes in karate in a competitive phase, can obtain important information for a greater development of the sport, given the lack of data on literature with this population. **Purpose:** To characterize the physical and physiological profile of elite female athletes of the modality and correlated HRV index with physical performance variables in a competitive phase. **Methods:** Participated in the study of athletes from the Brazilian female senior karate team (adult) [6 (age 26 ± 6 years; height 160.5 ± 6.6 cm; body mass 58.3 ± 8.6 kg; body mass index 22.5 ± 2.2 kg / m²; fat percentage of $17.7 \pm 4.4\%$; lean mass of 47.7 ± 5.2 kg; experience of 17 ± 5 years of practice; weekly frequency of 5 ± 1 technical training and 5 ± 1 physical training; weekly command volume of 15 ± 4 hours). An autonomic heart rate modulation (MAFC) was evaluated using heart rate variability (HRV), or maximum oxygen uptake using field ergospirometry in the specific protocol called Karate Specific Test (KST), body composition, muscle function CORE global strength, respiratory muscle strength by maximum respiratory pressure, neuromuscular wills for lower limbs by the vertical countermovement jump (CMJ) and specific strength test of karate punch (chudan-gyako-zuki) for the upper limbs. **Results:** The correlation between the RMSSD and the exhaustion time (TE) of the test ($r=-0,06$; $p=0,45$), the lactate peak (Lactate_{peak}) ($r=-0,29$; $p=0,57$) and the absolute Epoc (mL/min) ($r=-0,25$; $p=0,31$) was classified as insignificant, while the correlation with the peak oxygen uptake proposed by Tabben (VO_{2peak} Tabben) absolute (mL/min) ($r=0,34$; $p=0,25$) and relative (mL/kg/min) ($r=0,43$; $p=0,20$) and Epoc_{fast} (kJ) ($r=-0,31$; $p=0,27$) was classified as low, since the correlation with the peak oxygen uptake (VO_{2peak}) absolute (mL/min) ($r=0,65$; $p=0,08$), the peak ventilation (VE_{peak}) ($r=0,64$; $p=0,08$), the relative Epoc (m/kg/min) ($r=-0,51$; $p=0,15$) and the maximum expiratory pressure (PE_{max}) ($r=0,64$; $p=0,08$) were classified as moderate, however the best classification indexes in the correlation with the RMSSD and with statistical significance were the inspiratory pressure maximum (PI_{max}) ($r=0,74$; $p=0,04$), which was considered high, and very high in relation to the values of the peak oxygen uptake (VO_{2peak}) relative (mL/kg/min) ($r=0,98$; $p=0,00$). **Conclusion:** The characterization of the physical, physiological and anthropometric profile presented data that differ in some aspects from those observed in the literature, so it is important to characterize high-performance female karate athletes, given the lack of studies with such a population. In addition, the RMSSD index showed a positive correlation with the peak of relative oxygen uptake in KST and with PI_{max}, indicating that MAFC is correlated with variables of aerobic performance and respiratory muscle strength in elite female karate athletes in competitive phase.

Keywords: profile, karate, autonomic modulation, heart rate variability, Karate Specific Test, vertical jump, core function, respiratory muscle strength.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	22
2.1. Geral.....	22
2.2. Específico.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Desenho do estudo e aspectos éticos.....	23
3.2. Casuística.....	23
3.2.1. Critérios de inclusão.....	24
3.2.2. Critérios de exclusão.....	24
3.2.3. Local de pesquisa.....	24
3.3. Procedimento Experimental.....	24
3.3.1. Avaliação variabilidade da frequência cardíaca.....	26
3.3.2. Avaliação da composição corporal.....	28
3.3.3. Avaliação da função global do CORE.....	31
3.3.4. Avaliação da força muscular respiratória.....	33
3.3.5. Teste de desempenho neuromuscular para os membros inferiores.....	34
3.3.6. Teste de força específico para os membros superiores.....	36
3.3.7. <i>Karate Specific Test</i>	37
3.4. Descrição do período de preparação.....	41
3.5. Análise Estatística.....	42
4. RESULTADOS.....	43
5. DISCUSSÃO.....	48
6. CONCLUSÃO.....	61
7. REFERÊNCIAS.....	62
ANEXO 1	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
BOB	<i>Body oponente bag</i>
CBK	Confederação brasileira de karate
cm	Centímetro
cmH₂O	Centímetros de água
CNS	Conselho nacional de saúde
COI	Comitê Olímpico Internacional
DCAB	Dobra cutânea abdominal
DCCO	Dobra cutânea da coxa
DCPA	Dobra cutânea da panturrilha
DCT	Dobra cutânea do tríceps
FACIS	Faculdade de Ciências da Saúde
FC	Frequência cardíaca
IMM	Índice de massa muscular
iR-R	Intervalos R-R
J	Joule
kg	Quilograma
kg/m²	Quilograma por metro quadrado
kJ	Quilojoule
KST	<i>Karate Specific Test</i>
MAFC	Modulação autonômica da frequência cardíaca
MLG	Massa livre de gordura
mm	Milímetro
mM	Milimol

N	Newton
s	Segundos
UNIMEP	Universidade Metodista de Piracicaba
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca
VO₂máx	Consumo máximo de oxigênio
VO₂pico	Pico do consumo de oxigênio
W	Watts
WKF	World Karate Federation

1. INTRODUÇÃO

O *Karate-Do*, arte marcial milenar japonesa (Okinawa), que significa “caminho ou doutrina das mãos vazias”, é uma das lutas mais tradicionais e praticadas no mundo (BENEKE, et al. 2004; CHAABENE, et al. 2012b; CHAABENE, et al. 2018). No Brasil, a modalidade é administrada pela Confederação Brasileira de Karatê (CBK) e possui 26 federações estaduais filiadas, com uma estimativa de um milhão de praticantes. O 1º campeonato mundial de karatê ocorreu em 1970, em Tóquio, no Japão e teve participação de 33 países. Atualmente, a modalidade é regida pela Federação Mundial de Karatê (WKF) a qual conta com cinco federações continentais, com 195 países membros (WORLD KARATE FEDERATION, 2020efghi). Os campeonatos mundiais da WKF acontecem bianualmente, sendo que a categoria sênior (+18 anos) compete em ciclos pares e as demais categorias [cadete (14 e 15 anos), júnior (16 e 17 anos) e sub-21 (18 a 20 anos)] em ciclos ímpares (WORLD KARATE FEDERATION 2020a).

As competições de karate dividem-se basicamente em duas classes distintas, o kata (demonstração) e o shiai-kumite (luta). Cada uma dessas classes se subdivide nas seguintes categorias: kata individual masculino e feminino e kata equipe masculino e feminino (três atletas efetuam um mesmo kata juntos de forma sincronizada), o shiai-kumite nas categorias individuais é separado por peso, sendo: -60 kg, -67 kg, -75 kg, -84 kg e +84 kg no masculino e -50 kg, -55 kg, -61 kg, -68 kg e +68 kg no feminino. Ambos os sexos apresentam ainda a categoria shiai-kumite equipe, que no feminino três atletas lutam contra outras três atletas, independente do peso, sendo que a equipe que conquistar o maior número de vitórias será declarada vencedora. Já no

masculino são cinco atletas que disputam a competição, utilizando-se o mesmo critério do feminino (WORLD KARATE FEDERATION 2020a).

Ao observarmos o tempo de duração dos combates, estes ocorrem em três minutos cronometrados, ou seja, a cada interrupção do árbitro central o tempo é interrompido. Até o ano de 2018 a divisão sênior masculina tinha duração de três minutos, enquanto na feminina era de dois minutos (Regulamento de Competição WKF versão 01.01.2018), entretanto no início do ano de 2019, um novo regulamento da WKF entrou em vigor (Regulamento de Competição WKF versão 01.01.2019), determinando que as categorias femininas também passassem a ter duração de três minutos. Esta recente modificação no tempo de luta representa um marco importante para a modalidade, visto que repercute diretamente sobre modificações nos padrões de exigência cardiorrespiratória, muscular e metabólica, impactando na organização da preparação de todas as atletas de elite do karate mundial, portanto a presente pesquisa realizada com atletas que vivenciaram na prática esta alteração na demanda fisiológica da modalidade representa uma importante contribuição para todos os profissionais envolvidos com o Karate de alto rendimento.

Considerando o cenário competitivo, nas últimas décadas o karatê apresentou um crescimento vertiginoso e ganhou popularidade. (WORLD KARATE FEDERATION, 2020d) Neste contexto a WKF, na ideia de fomentar ainda mais o alto rendimento da modalidade, lançou oficialmente em 2013 o circuito da liga mundial, denominado Karate 1, bem como o ranking mundial. Em 2019, o circuito Karate 1, somou 11 etapas, com sete delas nomeadas Karate 1 *Premier League* (França, Dubai, Marrocos, China, Japão, Rússia e Espanha) e

quatro etapas chamadas Karate 1 *Series A* (Áustria, Turquia, Canadá e Chile). Os eventos denominados *Premier League* são restritos a 64 competidores por categoria, os quais para estarem aptos a competir obrigatoriamente devem ocupar as primeiras 100 colocações no *ranking* mundial e acumulam o dobro da pontuação dos eventos *Series A* no referido *ranking*, sendo que os eventos *Series A* são abertos a quaisquer competidores, independente da posição ocupada no *ranking* mundial e a quantidade de inscritos é ilimitada (WORLD KARATE FEDERATION, 2020b; 2020c).

Ainda, com o surgimento da liga mundial, sempre contando com eventos de excelente estrutura e grande adesão dos atletas de elite ao redor do mundo, a modalidade em seu aspecto competitivo foi alavancada, fazendo com que os competidores buscassem maior profissionalização em sua preparação, além de treinadores, equipes, federações estaduais e nacionais, em virtude da busca por maior suporte financeiro e da melhora do nível competitivo. (WORLD KARATE FEDERATION, 2020d)

Pelo exposto, com todo este desenvolvimento estrutural, técnico e competitivo do karate mundial, que no ano de 2016, durante os Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro, a modalidade foi inserida no programa olímpico e estreará em Tóquio 2020, no Japão. Este ponto representa outro marco recente e fundamental para o desenvolvimento da modalidade, considerando que, os comitês olímpicos nacionais passaram a proporcionar maior suporte às federações nacionais da modalidade, inclusive no Brasil. (CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE KARATE, 2020)

Entretanto, vale lembrar que o sucesso competitivo de longo prazo de uma modalidade olímpica depende de diversos fatores, tais como: suporte

financeiro, políticas de desenvolvimento, cultura e participação esportiva, sistema de identificação e desenvolvimento de talentos, suporte para carreira e aposentadoria de atletas, instalações esportivas, apoio e desenvolvimento aos treinadores, participação de competições internacionais de alto nível, e desenvolvimento de pesquisas aplicadas ao esporte (DE BOSSCHER, 2006). Por essa razão há uma expectativa de que o conhecimento científico acerca da modalidade também cresça nas próximas décadas.

Embora os estudos sobre esta arte marcial tenham crescido substancialmente, considerando a complexidade do universo do alto rendimento, assim como, a busca pela excelência no rendimento dos atletas nos remete a compreender que ainda há um longo caminho a percorrer no campo científico. As pesquisas desenvolvidas até o momento buscaram observar aspectos morfológicos (STERKOWICZ-PRZYBYCIEŃ, 2010; KOROPANOVSKI et al., 2011; CHAABÈNE et al., 2012a; JUKIĆ et al., 2013; 2015; NIKOOKHESLAT et al., 2016; SPIGOLON et al., 2018b), fisiológicos (RAVIER et al., 2006; MILANEZ et al., 2011; BUSSWEILER & HARTMANN, 2012; CHAABÈNE et al., 2012b, 2016; NIKOOKHESLAT et al., 2016), motores (BLAZEVIĆ et al. 2006; KATIĆ et al., 2010; ALESI et al., 2014; TABBEN et al., 2015), técnico-táticos (STERKOWICZ-PRZYBYCIEŃ, 2010; TABBEN et al., 2015; FRANCHINI et al., 2015; VIDRANSKI et al., 2015), lutas simuladas e oficiais (IIDE et al., 2008; CHAABENE, 2014a, 2014b) e análise time-motion (CHAABENE et al., 2014a; CHAABENE et al., 2014b; VIDRANSKI et al., 2015; TABBEN et al., 2015; TABBEN et al., 2018).

Especialmente, observando as características metabólicas, algumas destas pesquisas apontam que o karate tem o sistema aeróbio como sua principal via energética ($77,8 \pm 5,8\%$), embora durante as ações decisivas de pontos, a solicitação é dependente principalmente do sistema ATP-CP ($16 \pm 4,6\%$), com baixa contribuição glicolítica ($6,2 \pm 2,4\%$) (BENEKE et al., 2004; IIDE et al., 2008). Doria et al. (2009) apresentam valores similares de contribuição da via oxidativa ($74 \pm 1\%$), porém com maior contribuição da via glicolítica ($12 \pm 3\%$) quando comparado aos valores encontrados por Beneke et al. (2004).

Já os estudos *time-motion* (CHAABENE et al. 2014; TABBEN, et al. 2015), são importantes do ponto de vista técnico-tático, mas também fornecem informações para elucidar as demandas fisiológicas do esporte, caracterizando diferenças de acordo com o sexo e categorias de peso, trazendo informações importantes para uma prescrição mais adequada e específica aos treinadores e preparadores físicos (CHAABENE et al., 2018).

No entanto, são escassos estudos que investigaram atletas de elite, em momentos próximos à competições internacionais oficiais, além do que, grande parte dos estudos foram conduzidos com praticantes adultos do sexo masculino, (ROSCHEL et al., 2009; NAKAMURA et al., 2016) portanto estudos com atletas de elite do sexo feminino em fase competitiva, representam uma lacuna na literatura. Sob este aspecto, caracterizar de forma ampla o perfil físico, fisiológico, mecânico e antropométrico de atletas de elite do sexo feminino, em fase competitiva, por meio de equipamentos robustos e de grande acurácia, contribuirá para um maior conhecimento científico, mas também do ponto de

vista prático dos profissionais envolvidos na preparação de atletas da modalidade.

Ainda sobre aspectos fisiológicos, diversas variáveis tem sido utilizadas para avaliar o desempenho em atletas nos mais diversos esportes, sendo utilizadas como marcadores fundamentais para a avaliação, controle, acompanhamento e direcionamento da organização do treinamento, dentre estas, se destacam a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), além de avaliações neuromusculares de força e potência de membros inferiores e superiores (BUCHHEIT, M. et al., 2007; SBRICCOLI, P. et al., 2007; NAKAMURA et al., 2016; LOTURCO et al., 2016; ABAD, C.C.C. et al., 2019).

Especialmente, a VFC tem sido uma ferramenta importante na mensuração da modulação autonômica da frequência cardíaca (MAFC), portanto do sistema nervoso autônomo (SNA), sendo uma maneira simples e não invasiva de descrever os intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos, chamados de intervalos R-R (iR-R). Tais batimentos são controlados pelo SNA, que por meio de nervos aferentes e eferentes levam ao coração terminações simpáticas por todo o miocárdio, e parassimpática para o nódulo sinusal, o miocárdio atrial e nódulo atrio-ventricular, onde a influência do SNA sobre o coração por tais nervos é dependente dos barorreceptores, quimioceptores, receptores atriais e ventriculares, modificações do sistema respiratório, sistema vasomotor, sistemas renina-angiotensina-aldosterona e sistema termo-regulador (VANDERLEI et al., 2009). De forma prática, uma alta VFC representa maior poder de adaptação aos estímulos, portanto espera-se que um indivíduo saudável e bem treinado

tenha altos índices de VFC (VANDERLEI et al., 2009). Tal ferramenta tem se mostrado sensível às respostas fisiológicas diante dos estímulos do treinamento (PLEWS et al., 2012; JOHNSTON et al., 2013; FLATT; ESCO, 2015; STANLEY et al., 2015; NAKAMURA et al., 2016).

Conforme mencionado, há escassez na produção científica envolvendo a modalidade, o que é confirmado quando se explora os estudos existentes abordando a modulação autonômica e sua relação com outras variáveis de desempenho físico no karate de alto rendimento (NAKAMURA et al., 2016). Pelo exposto, é de extrema relevância investigar a MAFC, assim como, variáveis de desempenho em atletas de elite em fase competitiva, precisamente uma semana antes de etapas da liga mundial, momento em que espera-se que as atletas apresentassem o ápice de sua forma competitiva nessa fase da temporada (LOTURCO; NAKAMURA, 2016).

Já a avaliação ergoespirométrica é uma das ferramenta mais utilizadas na mensuração do VO_{2max} (FOX, 2000; POOLE, 2017), sendo considerada padrão ouro por tratar-se de um método direto na avaliação do metabolismo aeróbio, é largamente utilizada para avaliar a potência aeróbia em caratecas (BENEKE, et al. 2004; RAVIER et al., 2006; IIDE, et al. 2008; DORIA, et al. 2009). Entretanto, apesar dos protocolos clássicos utilizados em laboratório apresentarem grande acurácia, os métodos de avaliação que melhor se correlacionam com o desempenho de atletas acontecem em testes de esforço de campo (RAMSBOTTOM et al., 1987; GRANT et al., 1997), destacando a importância da utilização de avaliações da capacidade cardiorrespiratória dos atletas de karate por intermédio de protocolos específicos da modalidade (NUNAN, 2006; CHAABENE et al., 2012a; TABBEN et al., 2014; CHAABENE et

al., 2015).

Em somatória, o salto vertical *countermovement jump* (CMJ) também tem sido largamente explorado como um mecanismo de avaliação neuromuscular sensível às variações de desempenho, podendo ser utilizado como ferramenta no controle da carga de treinamento ao longo de uma temporada, mas também como método de avaliar a força, a potência, a taxa de desenvolvimento de força e o ciclo alongamento-encurtamento (MALONE et al., 2015; NAKAMURA et al., 2016), visto que tais ações mecânicas, são dependentes principalmente da via metabólica ATP-CP, que representam as ações decisivas de ponto na modalidade (BENEKE et al., 2004; IIDE et al., 2008), por esse motivo diversos estudos que investigaram o karate utilizaram o CMJ (ROSCHEL et al., 2009; NAKAMURA et al., 2016; LOTURCO et al., 2016; SPIGOLON et al., 2018a, SPIGOLON et al., 2018b), portanto neste mesmo sentido que o presente estudo também adotou tal recurso de avaliação.

Mais uma variável importante para o sucesso competitivo desta arte marcial é a habilidade de transferir a potência gerada pelos membros inferiores na impulsão contra o solo até o gesto técnico mais comum numa luta da modalidade, o soco (LOTURCO et al., 2014), o qual representa 84,4% do total de ações decisivas numa luta (TABBEN et al., 2018).

Considerando essa relação entre a transmissão de força (propulsão da força) e o gesto esportivo específico, Willardson (2007) demonstrou que quanto maior o controle do indivíduo sobre o tronco e a pelve para dar estabilidade e sustentação, a geração de força e velocidade para os membros será melhor desempenhada, afetando profundamente o gesto esportivo. Neste sentido que o CORE, também conhecido como complexo lombo pélvico, e sua relação com os

músculos inspiratórios, tem influência sobre o desempenho do gesto esportivo (HAUGEN et al., 2016), o que leva a acreditar que desempenha importante papel na transmissão de força e potência nos inúmeros movimentos técnicos do karate, inclusive no soco.

A musculatura do tronco, além da função mecânica descrita no envolvimento direto com o gesto esportivo, possui um papel importante no processo respiratório, principalmente pela ação do diafragma. Durante exercícios intensos, há um acréscimo na solicitação do trabalho muscular respiratório, sendo fundamental para o devido aporte na oferta de oxigênio requisitada pelo organismo, sendo que, o incremento na duração e/ou intensidade do exercício físico pode levar os músculos inspiratórios a fadiga, gerando implicações negativas para manutenção do desempenho aeróbio (ROMER; POLKEY, 2008).

Sob esta perspectiva, avaliar a funcionalidade do CORE e dos músculos respiratórios em atletas de elite de karate, pode trazer informações que se correlacionam com o desempenho da força gerada nos gestos técnicos e também com a potência aeróbia na modalidade, reforçando a importância de sua avaliação.

Entendendo a importância do soco na modalidade durante ações decisivas e sua possível correlação com a funcionalidade do CORE, este estudo utilizou um protocolo inovador, afim de avaliar por meio do sistema de célula de carga, a força pico durante o soco *chudan-gyako-zuki* (soco direto com a mão de trás na altura do tronco).

Complementarmente, em levantamento literário realizado nas bases de

dados PubMed, PEDro, Embase, Cochrane e BIREME até a data de 8 de novembro de 2019, foram encontrados estudos que abordaram a VFC e o nível de atividade física e saúde (BUCHHEIT, M. et al., 2007; FIOGBÉ et al., 2014; FIOGBÉ et al., 2018), em diversas modalidades esportivas (FLATT et al., 2016; 2017; ROLLO et al., 2017; KOROBAYNIKOV et al., 2018; RAVE et al., 2018; ABAD et al., 2019), nas artes marciais (MORALES et al., 2013; 2014; GAVRILLOVIC et al., 2017; SUETAKE et al., 2018), entretanto, publicações que investigaram o karate são escassas na literatura (NAKAMURA et al., 2016), especialmente as que utilizam testes de esforço de campo específicos da modalidade para avaliar a potência aeróbia de atletas (NUNAN, 2006; CHAABENE et al., 2012a; TABBEN et al., 2014; CHAABENE et al., 2015), bem como, não foram encontrados estudos que investigaram a correlação das variáveis abordadas no presente estudo com atletas de elite de karate, exclusivamente do sexo feminino, em fase competitiva.

Neste contexto, um maior detalhamento do perfil físico e fisiológico de atletas de elite da modalidade, que buscam classificação na primeira participação da modalidade na história dos Jogos Olímpicos, por meio da mensuração de variáveis fisiológicas sensíveis ao desempenho da modalidade, assim como, identificar possíveis correlações entre elas, se torna de extrema relevância para o conhecimento científico do esporte e de grande aplicação prática, já que embora o $VO_{2máx}$, lactato sanguíneo, força muscular respiratória, função global do CORE, força pico no soco e potência muscular no salto vertical sejam aparentemente importantes para a modalidade, foram pouco explorados de forma conjunta numa amostra tão específica.

Estas informações podem direcionar treinadores numa prescrição e

monitoramento ainda melhores, considerando que o sucesso competitivo está intimamente ligado a habilidade dos treinadores em monitorar constantemente as respostas psicofisiológicas frente aos estímulos impostos com o treinamento.

A competência na utilização destas informações para modulação das cargas do treinamento é o que conduzirá os atletas a melhores níveis de *performance* esportiva (LOTURCO; NAKAMURA, 2016). Ainda, a VFC assume um papel importante como ferramenta de controle dos níveis de recuperação e na intervenção do atleta (MORALES et al., 2014; FLATT et al., 2017), sendo um marcador fundamental da adaptação aeróbia, para identificação do acúmulo de fadiga e direcionamento de propostas de treino que levam em conta o estado geral do atleta, além de ser uma forma não invasiva de avaliação que pode gerar informações adaptativas sobre tudo que foi mensurado.

Como hipótese para o estudo é esperado que as variáveis da modulação autonômica da FC, obtidas em ambiente controlado, apresentem correlação significativa com as variáveis fisiológicas que auxiliam no desempenho da modalidade, mas que são de difícil mensuração na dinâmica do treinamento. Além de caracterizar de forma ampla o perfil da atleta de elite do sexo feminino, em período competitivo, por meio de aspectos antropométricos, fisiológicos e mecânicos.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Caracterizar o perfil da atleta de elite do sexo feminino da modalidade karate nos aspectos antropométricos, fisiológicos e mecânicos, além de correlacionar índices da VFC com variáveis de desempenho físico em fase competitiva.

2.2. Específicos

Apresentar a caracterização da amostra, por meio da coleta das variáveis antropométricas (massa corporal, estatura, índice de massa corporal e composição corporal), fisiológicas (variabilidade da frequência cardíaca e potência aeróbia) e mecânicas (potência muscular de membros inferiores e superiores, força muscular inspiratória e expiratória e função global do core).

Correlacionar a VFC com as variáveis de desempenho, como segue:

- Tempo de exaustão (TE) do KST;
- Consumo de oxigênio pico (VO_{2pico});
- Ventilação pico (VE_{pico});
- Pico de lactato ($Lactato_{pico}$);
- Pico do EPOC ($EPOC_{pico}$);
- Pressão inspiratória e expiratória máxima (PI_{max} ; PE_{max});
- Função global do CORE (F_{core}).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Desenho do estudo e aspectos éticos

Este estudo foi delineado como observacional e seguiu as recomendações para pesquisa experimental com seres humanos (Resolução 466/12 do CNS), e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, pelo parecer número 100/2015 (Anexo 1). Foram estudadas as voluntárias que aceitaram participar do referido estudo e que assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

3.2. Casuística

Foram estudadas atletas profissionais da modalidade karate, do sexo feminino, integrantes da seleção brasileira olímpica sênior (adulta). Assim, a amostra foi composta por 6 mulheres com idade de 26 ± 6 anos, experiência de 17 ± 5 anos na modalidade, frequência semanal de 5 ± 1 treinos técnicos e de 5 ± 1 treinos físicos, somando volume semanal de 15 ± 4 horas.

Atestando que a amostra foi composta por atletas de elite, as voluntárias juntas somam 69 medalhas em campeonatos brasileiros, 47 em campeonatos sul-americanos, nove em jogos sul-americanos, 22 em campeonatos pan-americanos, seis em jogos pan-americanos, 28 em etapas da liga mundial, uma no *world games* e três em campeonatos mundiais.

As coletas do presente estudo aconteceram em fase competitiva do calendário das atletas, uma semana antes de etapas da liga mundial (*Karate 1*) classificatórias para os Jogos Olímpicos.

3.2.1. Critérios de inclusão

- Sexo feminino
- Pertencer a seleção brasileira de karate olímpica 2019 da CBK
- Ter idade acima 18 anos (categoria sênior)
- Experiência mínima de 10 anos na modalidade
- Estar em fase competitiva

3.2.2. Critérios de exclusão

- Uso de medicamentos e/ou suplementos que interferissem no desempenho físico
- Uso de medicamentos que interferissem na MAFC
- Doenças respiratórias
- Doenças cardiovasculares
- Tabagismo
- Lesões músculo esqueléticas que interferissem nas avaliações

3.2.3. Local da pesquisa

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Avaliação e Intervenção Aplicadas ao Sistema Cardiorrespiratório do Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano da UNIMEP e no Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte (LAFAE) da Faculdade de Ciências Aplicadas da UNICAMP (*campus* Limeira).

3.3. Procedimento experimental

Todas as voluntárias do estudo foram submetidas a quatro sessões experimentais, valendo destacar que a primeira sessão teve caráter explicativo de todo o procedimento experimental e assinatura do TCLE e mais três sessões de avaliações, sendo a segunda no período da manhã, entre nove e onze horas, que foi composta pela avaliação da modulação autonômica da frequência

cardíaca pela VFC. A terceira sessão de testes aconteceu no período da tarde, entre 14 e 17 horas, e contou com a avaliação ergoespirométrica para mensurar a potência aeróbia por intermédio do teste de campo específico *Karate Specific Test* (KST), avaliação da força pico de membros superiores pelo teste de força específico utilizando o gesto técnico do karate, chamado *gyako-zuki-chudan* (soco direto na altura do tronco) e a avaliação de potência de membros inferiores no teste de salto vertical *countermovement jump* (CMJ). Vinte e seis horas após, no período da noite, entre 19 e 21 horas, aconteceu a quarta sessão de avaliações, momento em que foram realizadas as mensurações da composição corporal, da força muscular respiratória e da funcionalidade do CORE. A Figura 1 representa o desenho experimental do estudo. Para todos os protocolos de avaliação foram feitas familiarizações dos testes e dos equipamentos utilizados antes de iniciar as coletas, sendo estas realizadas por uma equipe de pesquisadores treinados, com experiência na coleta das medidas realizadas.

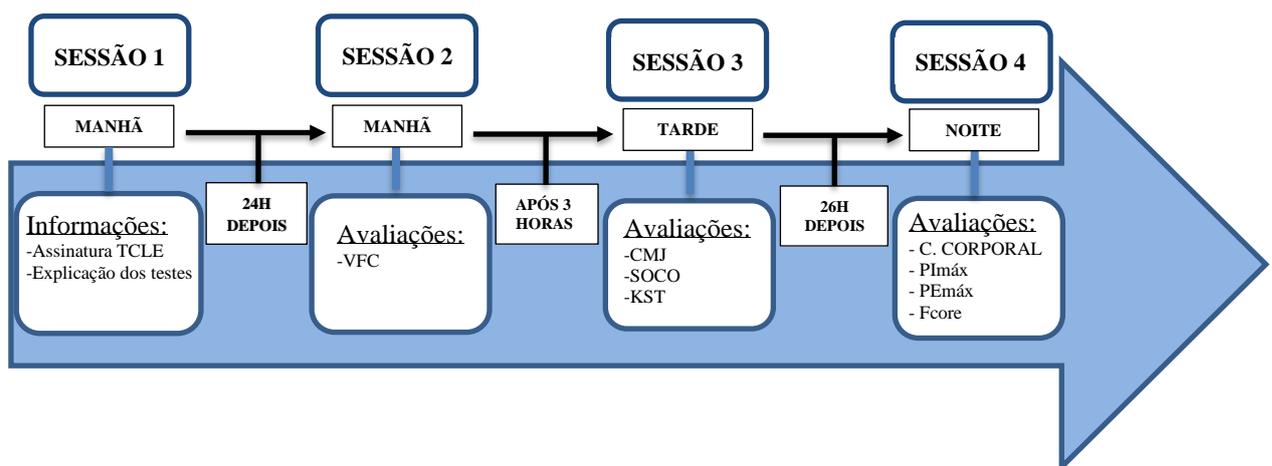


Figura 1: Ilustração do desenho experimental e linha do tempo do estudo dos três momentos distintos de avaliações. TCLE= Termo de consentimento livre e esclarecido; VFC=Variabilidade da frequência cardíaca; CMJ=salto vertical contra-movimento; SOCO=teste de força para membros superiores em gesto técnico específico do karate; KST= teste de esforço de campo específico *karate specific test*; C.Corporal=composição corporal; PI_{máx}=pressão inspiratória máxima; PE_{máx}=pressão expiratória máxima; F_{core}=função global do CORE.

3.3.1. Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

Foram dadas orientações as voluntárias quanto a não ingerir bebidas alcoólicas e/ou estimulantes (café, chá, chocolate, refrigerantes, etc 24 horas antes do teste, que fizessem refeições leves e não realizassem atividade física extenuante no dia anterior).

Durante a coleta, as voluntárias foram orientadas a não falar e a não se movimentar. Os experimentos foram realizados todos no mesmo período do dia para evitar influências do ciclo circadiano (TASK FORCE, 1996). Para a realização dos testes foi realizada a assepsia da pele com algodão e álcool.

Para a captação da FC e dos intervalos R-R (iR-R), foi utilizado um cardiofrequencímetro Polar modelo RS800CX® (Polar ElectroCo.Ltda. Kempele, Oulu, Finland). Este sistema tem incorporado um microprocessador para detectar instantaneamente, a despolarização ventricular, correspondendo a onda R do ECG, com uma frequência de amostragem de 500 Hz e resolução temporal de dois milissegundos (ms), assim, calculando a FC instantaneamente e armazenando os iR-R.

Este dispositivo captura iR-R por meio de eletrodos ligados a uma cinta elástica colocada ao redor do tórax, na altura do 5^o espaço intercostal, e os sinais eletrônicos são constantemente transmitidos e armazenados em um receptor por meio de um campo eletromagnético para posterior análise e cálculo dos valores da VFC. Os dados obtidos pelo Polar RS800CX® foram transferidos para um computador usando *software Polar Precision Performance* por meio de uma interface com um dispositivo de infravermelhos que foi posicionado a uma distância de 10 cm e angulação de 15° para a emissão do sinal. Em seguida, esse banco de dados foi exportado como texto e os sinais da FC foram

processados para calcular a VFC usando *software* específico *Kubios HRV Analysis Software* (MATLAB, version2 beta, Kuopio, Finland), que calcula os valores da VFC com base nos iR-R.

Os dados foram coletados da seguinte forma:

- Inicialmente as atletas foram mantidas por aproximadamente dez minutos em repouso na posição supina para que a FC atingisse valores basais.
- Posteriormente ao repouso se iniciou a coleta na posição supina, com respiração espontânea, durante 15 minutos (Figura 2).

A análise dos dados foi realizada por modelos lineares no domínio do tempo (DT), inicialmente foi realizada uma inspeção visual da distribuição dos iR-R (ms) obtidos no tempo da coleta na postura supinada, para seleção dos trechos com maior estabilidade no traçado dos iR-R. Em seguida, os mesmos foram analisados desde que compreendessem, no mínimo 5 minutos de registro ou 256 batimentos consecutivos (TASK FORCE, 1996).

No período selecionado, foi calculado o índice RMSSD – raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R no registro, divididos pelo número de iR-R da série de dados selecionados menos um (TASK FORCE, 1996).



Figura 2: Ilustração da coleta da variabilidade da Frequência Cardíaca.

3.3.2. Avaliação da Composição Corporal

A composição corporal das atletas foi mensurada pela aferição dos parâmetros: massa corporal em quilogramas e estatura em metros, a partir dessas medidas foi calculado o índice de massa corpórea (IMC) por intermédio do quociente massa corporal/estatura², sendo a massa corporal expressa em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m). Para o cálculo da densidade corporal foi considerada a equação de Jackson e Pollock (1980) pela soma das dobras cutâneas tricipital, abdominal, supra ilíaca e coxa (mm). Mediante a equação de Pollock (1980), foi estimado o percentual de gordura. A massa livre de gordura (MLG) calculada a partir da equação de Pitanga (2005). Massa muscular em quilos foi calculada a partir da aferição de dobras cutâneas do braço, coxa e panturrilha (mm), e circunferências de braço, coxa e panturrilha (cm) aplicados na equação de Lee (2000). O índice de Massa Muscular (IMM) em (kg/m²) proposto por Janssen (2004); a partir do cálculo [IMM=MM (kg)/estatura(m)²].

Para mensuração da massa corporal, foi utilizada uma balança calibrada de plataforma da marca Welmy®, com precisão de 50g e capacidade de 150 kg, na qual a atleta deveria se posicionar em pé, no centro da base da balança, descalça e com mínimo de roupa, com os braços estendidos ao longo do corpo e cabeça ereta olhando para um ponto fixo na altura dos olhos. Para a aferição da estatura foi utilizado um estadiômetro fixo (marca Sanny®), com precisão de 0,1 cm, neste momento a atleta deveria se posicionar junto à superfície vertical plana, no centro do equipamento de forma ereta, em pé, descalça e com a cabeça livre de adereços, com os braços estendidos ao longo do corpo, com a cabeça erguida, olhando para um ponto fixo na altura dos olhos (plano de

Frankfurt). As pernas deviam estar paralelas e os calcanhares, as panturrilhas, os glúteos, as escápulas e parte posterior da cabeça deveriam estar encostadas na superfície plana.

As circunferências foram aferidas com uma fita métrica inextensível com precisão de 0,1 cm de acordo com as técnicas convencionais, descritas por Callaway, Chumlea e Bouchard (1988). Circunferência do braço: obtida na altura do ponto médio (entre o acrômio e o olécrano). As avaliadas deviam estar com o braço direito em posição estendida ao longo do corpo, a fita métrica foi contornada de forma que ficasse aderida à pele sem pressionar os tecidos moles. Circunferência abdominal: foi obtida ao redor do abdômen, na direção da cicatriz umbilical. Circunferência de cintura: foi mensurada com a voluntária posicionada em pé, a medida evidenciada no ponto médio entre o último arco costal e a crista ilíaca. Circunferência de quadril: medida no ponto de maior protuberância posterior dos glúteos. A avaliada permaneceu em posição anatômica, com os braços ligeiramente afastados do corpo e com os pés unidos. Circunferência da coxa: Foi medida sobre o músculo reto femoral, a um terço da distância do ligamento inguinal e da borda superior da patela. Circunferência da panturrilha: Foi obtida no ponto de maior perímetro da perna, em posição de relaxamento.

A técnica de medida das dobras cutâneas requer algumas particularidades, como a identificação e marcação do local a ser medido previamente; deve-se segurar a prega formada pela pele e pelo tecido adiposo com os dedos polegar e indicador a 1 cm do ponto marcado; pinçar a prega com o instrumento (adipômetro) exatamente no local marcado, e manter a prega entre os dedos até o término da aferição (CUPPARI, 2002). As medidas foram realizadas por um único avaliador com um adipômetro científico da marca

Lange® (Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, MD), de acordo com as técnicas descritas por Slaughter, Lohman, Boileau, Stillman, Van Loan, Horswill e Wilmore (1984). A dobra cutânea tricipital (DCT) foi obtida na altura do ponto médio (entre o acrômio e o olécrano). O braço tinha que estar relaxado e solto paralelo ao corpo a dobra mensurada na face posterior do braço na direção vertical. Dobra cutânea bicipital (DCSI) (Figura 3) foi mensurada com a palma da mão da avaliada voltada para fora, foi realizada a marcação 1 cm acima do local marcado para a dobra cutânea tricipital, na face anterior do braço, segurando-se a dobra verticalmente. A dobra cutânea peitoral (DCPE) é uma medida oblíqua em relação ao eixo longitudinal e foi realizada a um terço da linha axilar anterior, conforme recomendação para mulheres. Para dobra cutânea axilar média (DCAX), a medida é tomada no ponto de intersecção entre a linha axilar média e uma linha imaginária transversal na altura do apêndice xifoide do esterno. A aferição foi realizada ao pinçar a dobra horizontalmente. Para a dobra cutânea subescapular (DCSE), o local de aferição foi marcado 1 cm abaixo do ângulo inferior da escápula com a fita métrica, de tal forma que se pudesse observar um ângulo de 45° entre esta e a coluna vertebral, e a avaliada deveria estar com os braços soltos e relaxados. A medida foi obtida com a dobra pinçada na direção diagonal. Para obtenção da dobra supra-ílica (DCSI), a avaliada manteve-se em pé, ereta, com os pés juntos e os braços inclinados para o lado, o braço poderia ser curvado e levemente flexionado para melhorar a aferição, e a dobra foi pinçada com os dedos aproximadamente 1 cm anterior à linha axilar média, e a medida foi obtida por meio da dobra no sentido oblíquo. A dobra cutânea abdominal (DCAB) foi aferida a 2 cm à direita da cicatriz umbilical, paralelamente ao eixo longitudinal. A medida foi obtida na direção horizontal. A dobra cutânea

da coxa_(DCCO) foi medida paralelamente ao eixo longitudinal, sobre o músculo reto femoral, na metade da distância do ligamento inguinal e da borda superior da patela. A avaliada deslocou o membro inferior direito à frente, com uma semiflexão do joelho, e manteve o peso do corpo no membro inferior esquerdo. A aferição foi realizada com a dobra no sentido vertical. Para a mensuração da dobra cutânea da panturrilha (DCPA) a avaliada manteve-se sentada, com a articulação do joelho em flexão de 90°, o tornozelo em posição anatômica e o pé sem apoio. A dobra foi pinçada no maior perímetro da perna, obtida verticalmente. Três medidas foram tomadas em cada ponto, em sequência rotacional, do lado direito do corpo, sendo registrado o valor mediano.



Figura 3: Ilustração da avaliação de uma das dobras cutâneas (bicipital).

3.3.3. Avaliação da função global do CORE

A função global dos músculos do CORE (F_{core}) foi avaliada pelo teste de resistência da posição de prancha, protocolo proposto por Tong et al. (2014), que consisti no atleta permanecer na posição ventral com os cotovelos, antebraços e dedos alinhados com os ombros, e com o pescoço em posição

neutra, seguindo uma sequência de ações que serão descritas abaixo. Como maneira de controle da manutenção na posição da prancha, duas cordas foram colocadas horizontalmente, com uma distância de 10 cm entre elas, ajustadas acima e abaixo da região do quadril, em alinhamento com o ombro. Este alinhamento serviu como referência para o monitoramento do deslocamento do quadril durante o teste (Figura 4). Além disto, as distâncias entre os cotovelos, entre os pés e entre cotovelos e os pés, e altura do quadril foram mensuradas, permanecendo constantes em todas as avaliações. Durante a execução do teste, o avaliador sentou-se numa cadeira a 1 m de distância da atleta de modo a realizar o monitorado horizontalmente, e facilitar a observação do deslocamento do quadril. A atleta deveria manter a posição da prancha com bom alinhamento seguindo os seguintes passos:

- (1) Prancha básica por 60 segundos
- (2) Levantar o braço direito do chão por 15 s
- (3) Levantar braço esquerdo por 15 s
- (4) Levantar perna direita durante 15 s
- (5) Levantar a perna esquerda por 15 s
- (6) Levantar a perna esquerda e braço direito por 15 s
- (7) Levantar perna direita e braço esquerdo por 15 s
- (8) Regresso à posição de base da prancha durante 30 segundos
- (9) Repetir os passos de (1) a (8)

Como critérios de interrupção do teste foram adotados o tempo máximo que a atleta suportasse a posição, ou, foram toleradas duas correções de realinhamento realizadas pelo avaliador. O tempo máximo alcançado no teste

em segundos (s) foi considerado a funcionalidade global dos músculos do CORE.

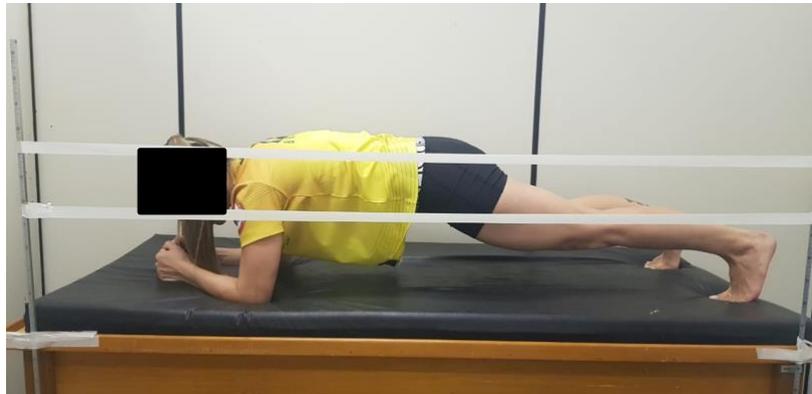


Figura 4: Ilustração da avaliação da função global do CORE.

3.3.4. Avaliação da Força muscular respiratória: medida da pressão inspiratória máxima ($PI_{máx}$) e pressão expiratória máxima ($PE_{máx}$)

Estas medidas tiveram como objetivo avaliar a força muscular respiratória. Para isso foi utilizado um manovacuômetro analógico (Ger-ar®, São Paulo, Brasil), adaptado para pressões inspiratórias e expiratórias máximas.

Foi conectado ao equipamento um dispositivo de plástico rígido com um orifício de 2mm de diâmetro interno, com a finalidade de propiciar pequeno vazamento de ar e prevenir a elevação da pressão da cavidade oral gerada pela contração da musculatura facial (BLACK; HYATT, 1969).

Todas as medidas foram coletadas pelo mesmo pesquisador e realizadas sob comando verbal homogêneo, com a atleta sentada, tendo encosto e assento fixos, proporcionando um ângulo de flexão de quadril de 90°, a cabeça foi mantida em posição neutra e um clipe nasal foi usado para evitar vazamento de

ar pelas narinas (Figura 5). A $PI_{m\acute{a}x}$ foi medida durante esforço inspirat3rio iniciado a partir do volume residual, enquanto que a $PE_{m\acute{a}x}$ foi medida a partir da capacidade pulmonar total. Cada volunt3ria executou no m3nimo cinco esfor3os de inspira33o e expira33o m3ximas, tecnicamente satisfat3rios, ou seja, sem vazamento de ar perioral, sustentados por pelo menos um segundo, e com valores pr3ximos entre si ($\leq 10\%$), sendo considerada para o estudo, a medida de maior valor (NEDER et al., 1999).



Figura 5: Ilustra33o da medida das press3es respirat3rias m3ximas.

3.3.5. Teste de desempenho neuromuscular para os membros inferiores

A for3a de membros inferiores foi avaliada por meio do salto vertical contramovimento (CMJ). Para tal mensura33o, foi utilizada uma esteira n3o motorizada, que permaneceu travada durante o teste, que contava com quatro c3lulas de carga (CSR-500, MK controle e instrumenta33o, SP, Brasil) acopladas abaixo do assoalho (Figura 6), sendo calibrados com pesos conhecidos diariamente antes das coletas de dados. Para o procedimento de calibra33o, os pesos conhecidos foram posicionados no centro equidistante entre os quatro sensores posicionados embaixo da esteira. Uma reta de calibra33o individual foi

construída para conversão dos sinais em voltagem para unidades de força. Em seguida, para cálculo da força em sentido vertical, foi utilizada a média dos valores de força registrados pelos quatro sensores posicionados embaixo da esteira. Considerando possíveis diferenças de distribuição do peso da esteira nesses quatro pontos, uma correção para o cálculo desta força vertical foi proposta (SOUSA, 2017).

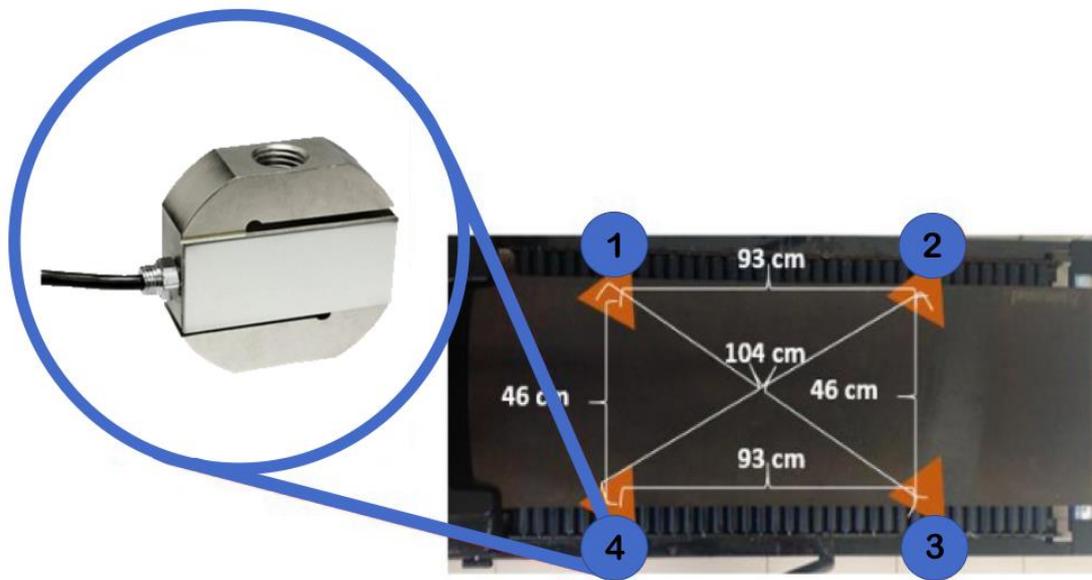


Figura 6: Sistema de aquisição da força vertical composto por quatro células de carga posicionadas abaixo da estrutura da esteira não motorizada (SOUSA, 2017).

Sobre o procedimento de avaliação do *countermovement jump* (CMJ), foram realizados três saltos, com um intervalo de 15 segundos entre eles, sendo considerados os valores máximos obtidos. As atletas iniciaram o teste na posição em pé em cima e no centro da esteira, com tronco ereto, os joelhos em 180° de extensão e mãos juntas ao quadril. O início do movimento consistiu em um agachamento, seguido por um salto vertical o mais alto e rápido possível, estendendo todo o corpo (Figura 7).



Figura 7: Ilustração do teste de salto vertical *countermovement jump* (CMJ).

3.3.6. Teste de força específico para os membros superiores

Após as atletas realizarem três tentativas consecutivas da técnica *chudan-gyako-zuki* (soco direto com a mão de trás na altura do tronco) (Figura 8) com 15 segundos de intervalo entre elas, a interpretação dos dados gerados a partir do sistema de célula de carga (CSLZL- 250, MK controle e instrumentação, SP, Brasil) acoplado em poste ajustável de acordo com a altura das atletas, possibilitou o cálculo da força pico durante esse movimento. Esses dados foram captados por um computador com software específico (LabView Signal Express 2009, National Instruments®) na frequência de 1000Hz.

Os dados obtidos por esse sistema, durante os testes, foram posteriormente transferidos para ambiente MatLab (MatLab® R2008a, MathWorkstm), as informações em milivolts (mV), geradas pelos sensores, foram tratadas para serem então interpretadas e transformadas em unidades de força (kg) e posteriormente em newtons (N), uma vez que o sistema de célula de carga foi calibrado previamente a cada um dos testes realizados por intermédio de massas conhecidas (kg), gerando uma reta de calibração específica para cada dia de avaliação (GAMA et al., 2016). Após análise de

dados, a força pico da técnica foi considerada como o valor máximo obtido durante as três tentativas consecutivas.



Figura 8: Ilustração da avaliação da força pico do gesto técnico do karate.

3.3.7. Karate Specific Test (KST)

As atletas foram instruídas a realizar um aquecimento geral padronizado consistindo de corrida de intensidade moderada e alongamento dinâmico por 10 minutos. Após o aquecimento geral tiveram 5 minutos de descanso para colocar o material de proteção utilizado no karate, então foi colocado nas atletas o equipamento de análise de gases (K4b2, COSMED, Roma, Itália) e foi permitido realizar socos e chutes no *body opponente bag* (BOB) como um aquecimento específico, durante 2 minutos. Após mais 2 minutos de repouso passivo, as karatecas iniciaram o KST em sala com tatame, seguindo o protocolo proposto por Tabben et al. (2014).

As atletas tiveram que manter sua base preferencial de luta durante todo o teste e não foram autorizados a mudar tal base, as mesmas realizaram dois socos combinados, sendo um *kizami-zuki* (soco direto com a mão da frente), seguido de um *chudan-gyako-zuki* (soco direto com a mão de trás na altura do

tronco), combinação esta chamada de *kizami-gyako-zuki*, e na sequência um chute *chudan-mawashi-geri* (chute circular com a perna de trás na altura do tronco). A distância de ataque (distância entre o alvo e o pé da frente do atleta) foi estabelecida em 1,5m e o tempo para completar cada conjunto de movimentos de ataque foi de 3s (BENEKE, 2004; IIDE et al., 2008; DORIA et al., 2009; CHAABENE et al., 2014) seguindo o protocolo original estabelecido por Tabben et al. (2014), bem como a redução progressiva do tempo de recuperação (Tabela 1), que foi guiado por sinais sonoros realizados por um sistema de computador previamente programado e conduzido por um dos pesquisadores, sendo um *bip* sonoro dando o início a sequência e outro *bip* após 3s, momento este que a voluntária deveria ter completado a sequência de ataques (Figura 9).

Durante todo o teste um dos avaliadores ficou atrás do BOB para que este não tivesse movimentos indesejados que pudessem atrapalhar a execução dos ataques. Cada sequência de ataques (2 socos e 1 chute) devia ser executado com a máxima potência possível, sendo validado visualmente por um dos pesquisadores com experiência na modalidade (faixa preta e técnico da seleção brasileira de karate), que também motivou verbalmente cada atleta. O tempo até a exaustão e o consumo máximo de oxigênio foram registrados como os índices de desempenho e aptidão derivados do KST.

Durante o KST, os gases expirados foram analisados usando um sistema automatizado de análise de gases calibrado respiração-a-respiração (K4b2, Cosmed, Roma, Itália). Tanto o consumo de oxigênio de pico ($VO_{2\text{pico}}$) relativo (mL/kg/min), como absoluto (L/min), foram definidos como maior VO_2 médio de 30 segundos. O sistema analisador de gases K4b2 é considerado confiável, preciso e válido (LOTHIAN, et al. 1993; BIGARD, et al. 1995). A FC foi

registrada a cada 5s durante todo o teste por meio de telemetria de ondas curtas. A avaliação do esforço percebido utilizada foi a PSE 0-10 (FOSTER, 2001) e durante o período de recuperação foram coletadas amostras de sangue na posição sentada em uma cadeira nos momentos 1, 3, 5, 7 e 9 minutos após o término do teste (GOODWIN, 2007). A concentração de lactato sanguíneo ([La-]), foi analisada com o *Lactate Pro Analyzer* (Arkray, Tóquio, Japão), a FC, foi analisada por um cardiofrequencímetro Polar modelo RS800CX® (Polar ElectroCo.Ltda. Kempele, Oulu, Finland) e oximetria foi registrada por um oxímetro de pulso OXIFAST (Takaoka, SP, Brasil).

O teste foi encerrado e o tempo até a exaustão (TE) foi determinado quando o participante não conseguiu completar o conjunto de movimentos no intervalo de 3s duas vezes seguidas ou quando houve claras reduções na potencia das técnicas de acordo com o avaliador. Com o devido reconhecimento das críticas (MIDGLEY et al., 2007), a obtenção de um platô no VO_2 (≤ 2.1 mL/kg /min) aumenta com a intensificação do exercício, relação de troca respiratória > 1.1 , pós-teste [La-] > 8 mmol/L, FC dentro de 10 bpm do máximo previsto para a idade e o relato subjetivo do esforço máximo foram usados como critérios para julgar se o desempenho do teste era realmente máximo. Se um participante não satisfizesse todos esses critérios, o resultado do teste foi considerado um pico em vez de um valor máximo. Todos os testes foram realizados entre às 14 e 17 horas. A temperatura era de $\sim 20^{\circ}\text{C}$ a 24°C e a umidade era de $51,6\% \pm 1,2\%$.

Tabela 1. Protocolo do *Karate Specif Test* (KST)

Nível	Atividade (s)	Repouso Ativo (s)	Número de Repetições	Exercício Total (s)	Duração Acumulada (s)
1	3	42	2	90	90
2	3	27	3	90	180
3	3	20	4	92	272
4	3	15	5	90	362
5	3	12	6	90	452
6	3	10	7	91	543
7	3	8	8	88	631
8	3	5	11	88	719
9	3	3	15	90	809
10	3	2	18	90	899

Adaptada de Tabben et al. (2014)

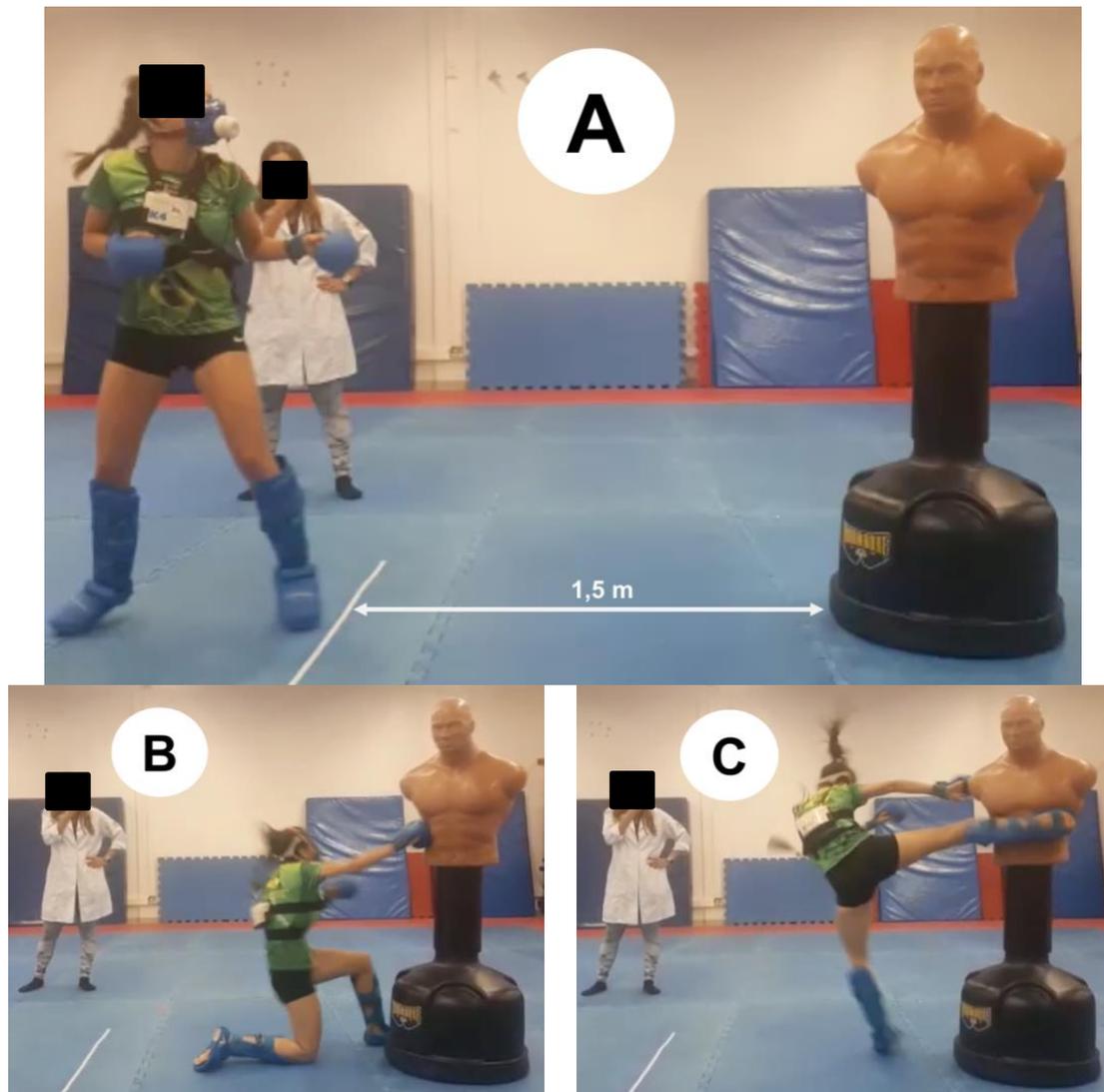


Figura 9: Ilustração do *Karate Specific Test*. A figura A representa a posição de repouso ativo, na figura B o ataque combinado de braço (*kizami-gyako-zuki*), enquanto na figura C a finalização da sequência de ataque com o chute circular (*chudan-mawashi-geri*).

3.4. Descrição do período de preparação

Todas as atletas estudadas foram orientadas a manter a sua rotina normal de treinamentos, que consistiu numa frequência semanal de 5 ± 1 treinos técnicos e de 5 ± 1 treinos físicos, somando volume semanal de 15 ± 4 horas, assim como manter a dieta normal, sem a utilização de suplementos alimentares ou medicamentos que alterassem o desempenho físico durante a pesquisa. Valendo ressaltar que todas estavam em período competitivo.

3.5. Análise estatística

A avaliação dos resultados foi realizada pelo programa SPSS versão 22.0. Em todos os casos, foi adotado um valor de $p \leq 0,05$ para significância estatística. A análise da distribuição dos dados foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk, sendo os dados considerados normais. Para a análise da relação entre as variáveis, utilizou-se o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, sendo adotados os graus de correlação propostos por Mukaka (2012), que considera o índice de correlação insignificante quando estiver entre 0 e 0,3, baixa entre 0,3 e 0,5, moderada entre 0,5 e 0,7, alta entre 0,7 e 0,9, e muito alta entre 0,9 e 1.

4. RESULTADOS

Não houve perda amostral no presente estudo. A descrição das características antropométricas das atletas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características antropométricas das atletas estudadas.

Variáveis	Média ± DP
Massa corporal (kg)	58,3 ± 8,6
Estatura (cm)	160,5 ± 6,6
IMC (kg/m ²)	22,5 ± 2,2
Percentual de gordura (%)	17,7 ± 4,5
Massa magra (kg)	47,7 ± 5,3
Densidade corporal (kg/cm ³)	1,0 ± 0,0096

kg=quilogramas; cm=centímetros; IMC=índice de massa corporal; kg/m²=quilogramas por metros quadrados; %=porcentagem; kg/cm³=quilogramas por centímetros cúbicos.

As variáveis fisiológicas mensuradas por meio do KST estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Dados descritivos das variáveis fisiológicas obtidas no *Karate Specific Test* (KST).

Variáveis fisiológicas	Média ± DP
Tempo de exaustão KST(s)	684,1 ± 122,1
VO ₂ pico (mL/min)	2493,0 ± 490,8
VO ₂ pico (mL/kg/min)	42,4 ± 6,9
VE _{pico} (L/min)	108,7 ± 25,5
Lactato _{pico} (mM)	7,7 ± 1,3
Tempo Lactato _{pico} (min)	3 ± 0
Epoc (mL/min)	123,66 ± 40,4
Epoc (L/kg/min)	7,14 ± 2,1
Epoc _{fast} (kJ)	52,23 ± 39,1

KST=*karate specific test*; VO₂=consumo de oxigênio; VE=ventilação; mL/min=mililitro por minuto; L/min=litros por minuto; mL/kg/min= mililitro por quilogramas por minuto; mM=milimol; Epoc=consumo excessivo de oxigênio após exercício; Epoc_{fast}=fase rápida do excesso do consumo de oxigênio após o exercício; kJ=quilojoule.

Na Tabela 4 observa-se os valores das variáveis de desempenho neuromuscular derivadas do teste de salto vertical CMJ.

Tabela 4. Dados descritivos das variáveis do *countermovement jump* (CMJ).

Variáveis CMJ	Média ± DP
Altura do salto (m)	0,3 ± 0,02
Trabalho (J)	158,4 ± 13,6
Potência (W)	656,3 ± 67,8
Força _{pico} (N)	807,8 ± 230,9
Tempo F _{pico} (ms)	741,6 ± 282,5
Impulso (Ns)	215,0 ± 40,8
TDF _{pico} (N/s)	8458,2 ± 2699,6
T TDF _{pico} (ms)	510,4 ± 282,6

CMJ=countermovement jump; m=metros; J=joules; W=watts; N=Newtons; ms=milissegundos; N/s=Newton por segundo; Tempo F_{pico}=Tempo até a força pico; TDF_{pico}=Pico da taxa de desenvolvimento de força; T TDF_{pico}=Tempo até o pico da taxa de desenvolvimento de força.

Na Tabela 5 estão apresentados os dados obtidos da força muscular respiratória, função muscular global do CORE e força de membros superiores em teste de força para membros superiores em gesto técnico específico do karate (*chudan-gyako-zuki*).

Tabela 5. Dados referentes a força muscular respiratória, função global do CORE e força do soco.

Variáveis	Média ± DP
PI _{max} (cmH ₂ O)	96,6 ± 24,2
PE _{max} (cmH ₂ O)	130,0 ± 45,0
F _{core} (min)	1,8 ± 0,4
Força _{pico} soco (kg)	27,0 ± 3,9
Força _{pico} soco (N)	265,2 ± 38,4
Força _{pico} soco (kg/N)	4,5 ± 0,8

PI_{max}=pressão inspiratória máxima; PE_{max}=pressão expiratória máxima; cmH₂O=centímetros de água; F_{core}=função do CORE; s=segundos; Força_{pico} do soco=Pico de força do soco; kg=quilogramas; N=newton; kg/N=quilogramas por newton.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados das correlações entre o índice RMSSD, da VFC, com as variáveis de desempenho físico, sendo que a correlação entre o RMSSD e o tempo de exaustão (TE) do teste, o pico de lactato (Lactato_{pico}) e o Epoc absoluto (mL/min) foi classificada como insignificante, enquanto a correlação com o pico de consumo do oxigênio proposto por Tabben (VO_{2pico} Tabben) absoluto (mL/min) e relativo (mL/kg/min) e o Epoc_{fast} (kJ) foi classificada como baixa, já a correlação com o pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico}) absoluto (mL/min), o pico de ventilação (VE_{pico}), o Epoc relativo (mL/kg/min) e a pressão expiratória máxima (PE_{max}) foi classificada como moderada, entretanto melhores índices de classificação na correlação com o

RMSSD e com significância estatística foram a pressão inspiratória máxima (PI_{max}), que foi considerada alta, e muito alta em relação aos valores do pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico}) relativo (mL/kg/min).

Tabela 6. Correlação entre o índice RMSSD e variáveis do desempenho físico obtidos pelo teste KST, Pressão inspiratória e expiratória máxima e Função global do CORE

Variáveis	Correlação RMSSD	p valor	Classificação
TE (s)	-0,06	0,45	insignificante
VO_{2pico} (mL/min)	0,65	0,08	moderada
VO_{2pico} (mL/kg/min)	0,98	0,00	muito alta
VO_{2pico} Tabben (mL/min)	0,34	0,25	baixa
VO_{2pico} Tabben (mL/kg/min)	0,43	0,20	baixa
VE_{pico} (L/min)	0,64	0,08	moderada
Lactato _{pico} (mM)	-0,29	0,57	insignificante
Epoc (mL/min)	-0,25	0,31	insignificante
Epoc (mL/kg/min)	-0,51	0,15	moderada
Epoc _{fast} (kJ)	-0,31	0,27	baixa
PI_{max} (cmH ₂ O)	0,74	0,04	alta
PE_{max} (cmH ₂ O)	0,64	0,08	moderada
F_{core} (min)	-0,18	0,36	baixa

TE=Tempo de exaustão; VO_{2pico} =Pico de consumo do oxigênio; VE_{pico} =Pico de ventilação; Lactato_{pico}=Pico de lactato; Epoc=excesso do consumo de oxigênio após o exercício; Epoc_{fast}=fase rápida do excesso do consumo de oxigênio após o exercício; PI_{max} =Pressão inspiratória máxima; PE_{max} =Pressão expiratória máxima; F_{core} =Função do CORE.

5. DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo foram a caracterização de atletas de elite de karate do sexo feminino em fase competitiva de uma maneira ampla e inovadora, sob aspectos fisiológicos, mecânicos e antropométricos, encontrando correlações positivas entre a MAFC e o $VO_{2\text{pico}}$ ($r=0,98$; $p=0,00$) e a PI_{max} ($r=0,74$; $p=0,04$).

Estudos com atletas de elite de karate do sexo feminino em fase competitiva são escassos na literatura, neste contexto, ficando evidente a dificuldade de trazer para esta discussão trabalhos com amostras semelhantes, considerando que grande parte destas investigações foram realizadas com praticantes amadoras (IMAMURA et al., 2002; 2003). Há ainda, estudos que investigam atletas de elite de ambos os sexos (DORIA et al., 2009; RAVIER et al., 2009; NAKAMURA, et al., 2016; SPIGOLON et al., 2018a; TABBEN et al., 2019) entretanto, em sua grande maioria trazem exclusivamente amostras de atletas de elite do sexo masculino (RAVIER et al., 2006; STERKOWICZ-PRZYBYCIEŃ, K.L., 2010; CHAABÈNE et al., 2014a; PADULO et al., 2014; VIDRANSKI et al., 2015; DALUI & BANDYOPADHYAY, 2016; LOTURCO et al., 2016; NIKOOKHESLAT et al., 2016). Adicionalmente, devido à divisão de classes que existe nas competições de karate (kata e kumite), também é comum encontrarmos estudos que são conduzidos exclusivamente com praticantes ou atletas de kata (SHAW & DEUTSCH, 1982; MAÇUSSA et al., 2014), portanto, mostra-se relevante a discussão de ensaios com amostras publicadas em torno da modalidade para compreensão dos resultados observados no presente estudo.

As características individuais dos atletas representam fatores importantes a serem conhecidos afim de direcionar a elaboração de estratégias de treinamento que conduzam ao sucesso competitivo em qualquer modalidade. Considerando as características antropométricas, estas foram apontadas como fatores determinantes do sucesso competitivo no esporte (FRANCESCATO et al., 1995), adicionalmente, Giampietro et al. (2003) relataram que atletas de karatê que competem apresentam características semelhantes de somatotipo, fator que reforça a afirmativa de Blazevic et al. (2006), a qual justifica que o treinamento de karatê permite um ajuste do complexo fisiológico e morfológico de acordo com os requisitos da modalidade. Neste sentido, espera-se que atletas de elite, do mesmo sexo e em mesmo período competitivo, apresentem características físicas e fisiológicas semelhantes.

Destes fatores, ao observarmos a idade das voluntárias, verificamos que a média observada na amostra do presente estudo foi de 26 ± 6 anos, valores superiores às médias de idade encontradas nos principais estudos da modalidade de karate, entretanto, vale ressaltar que estes estudos foram realizados em outros sexos e níveis competitivos. Destes, Nikookheslat et al. (2016), apresentam valores de idade média de 23 ± 3 anos (sexo masculino, elite), Chaabene et al. (2014a) com média de idade 21 ± 3 anos (sexo masculino, elite) e o de Nakamura et al. (2016) com a seleção brasileira com 24 ± 3 anos (sexo masculino e feminino, elite). Por outro lado, foram observados estudos com média de idade semelhante, como o de Sterkowicz-Przybycień (2010) com 26 ± 6 anos (sexo masculino, elite e amador), além de trabalhos que trazem médias mais altas, 31 ± 8 anos (sexo masculino, elite) (SÁNCHEZ-PUCCINI et al., 2014) e 28 ± 5 anos (sexo masculino, elite) (ROSCHEL et al., 2009). Pelo exposto,

observa-se que as médias de idade encontradas na literatura demonstram uma flutuação na qual as atletas do presente estudo se enquadram, portanto, demonstra-se que a média de idade de um atleta de elite da modalidade em boa atuação competitiva apresenta-se na faixa entre de 21 a 28 anos, o que se justifica, especialmente, pela afirmativa de Nikookheslat et al. (2016) a qual indica que o atleta de karate de nível competitivo necessitam da associação entre a experiência e o vigor físico, alcançados nesta faixa etária.

Quanto ao índice de massa corpórea (IMC), o presente estudo demonstrou valores médios de $22,4 \pm 2,2$ kg/m², estes, semelhantes aos valores encontrados na literatura. Nikookheslat et al. (2016), apresentou valores de $23,17 \pm 2,3$ kg/m², em atletas de elite do sexo masculino, Koropanovski et al. (2011) trás valores de $23,5 \pm 2,1$ kg/m² em atletas de elite do sexo masculino das classes de kata e kumite, Amri et al. (2012) mostra valores de $23,2 \pm 4,0$ kg/m² em atletas universitários do sexo masculino e feminino, e Sterkowicz-Przybycień et al. (2010) apresenta valores de $26,8 \pm 2,0$ kg/m² em atletas amadores e de elite do sexo masculino. Pelo exposto, a amostra deste estudo apresentou valores de IMC compatíveis com os valores observados na literatura em atletas de elite da modalidade de karate, entretanto, embora vários estudos descrevam o IMC como uma variável de controle e monitoramento de atletas, especialmente de lutas, por conta das divisões de categorias de peso, variáveis como o percentual de gordura e massa magra podem fornecer informações mais relevantes sobre o estado de composição corporal, considerando sua direta relação com o desempenho físico (MACDONALD et al., 2013).

Neste contexto, considerando a variável de percentual de gordura, as atletas desta amostra apresentaram média de $17,7 \pm 4,5\%$, valores que se

diferem aos valores dos estudos observados na literatura, especialmente por essa variável estar intimamente influenciada pelas variações entre os sexos, e grande parte dos estudos foram conduzidos com atletas do sexo masculino. Ravier et al. (2006) que avaliaram atletas franceses do sexo masculino de nível internacional, apresentam valores médios de percentual de gordura de 13,7%, já Nikookheslat et al. (2016) trazem valores médios de $12,9 \pm 2,3\%$ com a seleção masculina do Irã, sendo esta a seleção que representa, atualmente, uma das principais equipes de rendimento do mundo (SPORTDATA, 2020). Há ainda, estudos com atletas amadores e de elite do sexo masculino que relataram valores entre 7,5 a 16,8% de percentual de gordura (CHAABENE et al., 2012b), porém, não há estudos exclusivamente com atletas de elite do sexo feminino. Por tal afirmativa, considerando as diferenças morfológicas e fisiológicas entre os sexos, se torna inconsistente a comparação com os valores apresentados neste estudo, bem como nossos resultados podem fornecer informações do estado de composição corporal durante o período competitivo em atletas do sexo feminino, contribuindo para futuras investigações na modalidade.

Apenas um estudo com o sexo feminino em praticantes amadoras de karate foi encontrado na literatura, o qual apresenta valores médios de percentual de gordura de $18,6 \pm 3,2\%$ (AMUSA et al., 2001), entretanto, este estudo não foi composto por atletas de elite com resultados internacionais expressivos, novamente dificultando a comparação com os resultados encontrados nesta pesquisa. Ainda, visto os valores encontrados na literatura, as atletas brasileiras apresentam valores adequados de percentual de gordura, considerando que é bem estabelecido que a antropometria é um importante fator de seleção (MORENO et al., 2011), bem como, um meio para detectar futuros

talentos esportivos (GARCÍA et al., 2007; POPOVIC et al., 2013). Complementarmente, altos valores de percentual de gordura foram correlacionados com pior desempenho de potência em atletas de karate de nível competitivo (SPIGOLON et al., 2018b), neste contexto, reforçando a importância da apresentação deste perfil, ao qual pode contribuir na identificação de características antropométricas específicas nessa população, e permitir uma melhor interpretação e intervenção pela equipe técnica sobre atletas de elite do sexo feminino em fase competitiva.

Ainda com relação ao sucesso competitivo, embora amplamente estabelecido que há uma predominância do metabolismo aeróbio durante uma luta da modalidade (BENEKE et al., 2004; DORIA et al., 2009), as ações decisivas de ponto, por meio de técnicas de soco e chute, são dependentes da potência muscular. Considerando que a potência é o produto da força e da velocidade, a maior potência representa uma maior velocidade na mesma carga relativa (ROSCHEL et al., 2009), portanto a força explosiva tem um papel importante para sucesso na modalidade.

Neste sentido, que o salto vertical CMJ, representa um parâmetro bem estabelecido como excelente indicador da potência dos membros inferiores, fornecendo informações pertinentes ao desempenho do atleta de karate. Grande parte dos estudos com salto vertical envolvendo a modalidade (RAVIER et al., 2004; DORIA et al., 2009; ROSCHEL et al., 2009; KOROPANOVSKI et al., 2011; LOTURCO et al., 2016; SPIGOLON et al., 2018b) utilizaram plataformas de contato para calcular o tempo do voo durante o salto e estimar outras variáveis derivadas, como altura do salto e potência. No presente estudo foi utilizada uma plataforma de força, a qual permite a mensuração dos dados com grande

acurácia, bem como fornece dados complementares além dos mencionados, como a força pico, o tempo até a força pico, o pico da taxa de desenvolvimento de força, o tempo até o pico da taxa de desenvolvimento de força, o impulso e o trabalho.

Embora escassos os dados encontrados na literatura sobre o desempenho do salto vertical com atletas de elite do sexo feminino em fase competitiva, os estudos existentes trazem valores de CMJ de $46,1 \pm 4,4$ cm (atletas de elite do sexo masculino das classes de kata e kumite) (KOROPANOVSKI et al, 2011), $39,2 \pm 2,4$ cm (sexo feminino, elite) (DORIA et al., 2009), $48,8 \pm 3,4$ cm (sexo masculino, elite) (ROSCHEL et al., 2009), $44,9 \pm 5,9$ cm (sexo masculino, nível nacional e internacional) (RAVIER et al., 2004), $51,7$ cm (estudo de caso com atleta de elite do sexo masculino) (LOTURCO et al., 2016), sendo que, o presente estudo aponta valores médios do CMJ de $30 \pm 0,2$ cm na altura do salto, $656,3 \pm 13,6$ W de potência, $807,8 \pm 230,9$ N de pico de força, $741,6 \pm 282,5$ ms de tempo até o pico de força, $8.458,2 \pm 2.699,6$ N/s no pico da taxa de desenvolvimento de força, $510,4 \pm 282,6$ ms de tempo até o pico da taxa de desenvolvimento de força e trabalho de $158,4$ pico da taxa de desenvolvimento de força $13,6$ J. Pelo exposto, observa-se que os valores observados na literatura foram superiores aos encontrados nesta amostra, entretanto grande parte dos estudos foram realizados com atletas do sexo masculino, o que possivelmente justifica estes valores superiores considerando as variações morfológicas entre os sexos.

Complementarmente, compreendendo que as atletas avaliadas estavam em período competitivo de preparação, momento em que foi realizado o controle ainda mais rigoroso sobre as cargas internas e monitoramento das respostas

individuais frente ao treinamento proposto pela comissão técnica, acreditamos que o desempenho do salto vertical não foi afetado negativamente pelo excesso de treinamento, já que é estabelecido que o treino intenso pode prejudicar a capacidade do indivíduo gerar força muscular (JOHNSTON et al., 2013; GATHERCOLE et al., 2015), indicando que estes valores podem referenciar o perfil destas atletas no período de competição.

Adicionalmente, sabendo que a força e a potência média propulsiva de membros inferiores mostrou relação com a aceleração do soco na modalidade de karate (LOTURCO et al., 2014), justificado pela afirmativa de que para atingir altos níveis de velocidade e potência durante esta técnica, é necessária a capacidade de transferir a força dos membros inferiores para os superiores (LENETSKY et al., 2013), garantindo uma ação em cadeia e maior vantagem mecânica. Neste aspecto, foi demonstrado que valores do CMJ possuem relação com a performance do soco, bem como, o CMJ é apontado como uma boa ferramenta de controle de carga interna pelo monitoramento do desempenho neuromuscular em fase competitiva (NAKAMURA et al, 2016; SPIGOLON et al, 2018a), reforçando a importância da avaliação desta variável na modalidade de karate, bem como, o conhecimento dos valores para cada população em momentos específicos da preparação.

Visto a relação da potência de membros inferiores com o soco no karate e em outros esportes de combate (FORTIN et al., 1994; TURNER et al., 2011; LENETSKY et al., 2013; LOTURCO et al., 2014; LOTURCO et al., 2016) este estudo desenvolveu de forma inovadora, um mecanismo para avaliar o pico de força no momento da técnica de soco, utilizando uma célula de carga acoplada em poste ajustável para realização do gesto específico realizado na modalidade,

denominado *chudan-gyako-zuki* (soco direto com a mão de trás na altura do tronco). Os valores médios do pico de força foram de $27 \pm 3,9$ kg, $265,2 \pm 38,4$ N e $4,5 \pm 0,8$ kg/N, entretanto, não há dados semelhantes na literatura, o que nos permite apresentar valores que podem contribuir com futuros estudos que objetivem compreender o comportamento desta variável na modalidade.

Aparentemente o ponto em um combate da modalidade é determinado principalmente pela velocidade e aceleração de um membro do que pelo impacto causado em seu oponente, já que o regulamento atual da WKF proíbe o *knock-out*. Estudos que analisaram a velocidade em ações técnicas durante combates simulados de karatê relataram que estes duram de $0,3 \pm 0,1$ segundos a $2,1 \pm 1,0$ segundos (BENEKE et al., 2004; IIDE et al., 2008). Neste contexto, Bolander et al. (2009) demonstram que a força pico está relacionada à aceleração do objeto multiplicada por sua massa, levando-nos a acreditar que um atleta que gerou altos valores na força pico no momento do soco também desempenhou uma alta aceleração.

Nesta perspectiva, Loturco et al. (2014) apontam que a distância até o alvo e a habilidade de um atleta deslocar sua massa durante a execução do soco tem grande influência sobre o desempenho da aceleração e do impacto. Neste sentido, acreditamos que os valores de força pico encontrados no presente estudo poderiam apresentar-se superiores, uma vez que, o equipamento (cabo de aço rígido conectado a célula de carga) e protocolo não permitiam a realização de grandes deslocamentos dos atletas no momento do soco. Este ponto pode ser um importante fator a ser ressaltado para a interpretação de futuros ensaios que observem os resultados apresentados nesse estudo.

Já quanto aos resultados do teste ergoespirométrico de campo (KST), proposto por Tabben et al. (2014), o tempo de exaustão (TE) foi de $684,1 \pm 122,1$ segundos e o pico do consumo máximo de oxigênio relativo ($VO_{2\text{pico}}$) foi de $42,4 \pm 6,9$ mL/kg/min, os quais representam valores semelhantes quando comparamos com resultados disponíveis na literatura utilizando o mesmo protocolo em atletas de elite do sexo masculino. Um estudo de caso com um atleta brasileiro, realizado uma semana após ter se tornado bi-campeão mundial, que ocupava a primeira colocação no *ranking* mundial na categoria -60kg da época, apresentou índices de TE de 809 segundos e $VO_{2\text{pico}}$ de 45,6 mL/kg/min (LOTURCO et al., 2016), valores estes superiores aos nossos achados, entretanto vale ressaltar o nível competitivo e sexo do atleta, o que justifica tais respostas. Já os valores reportados pelo estudo de validação e reprodutibilidade deste protocolo (TABBEN et al., 2014), composto por uma amostra contendo 14 atletas do sexo masculino e apenas três do sexo feminino, apresentou valores médios de TE de $635,3 \pm 50$ segundos e $VO_{2\text{pico}}$ de $53,7 \pm 5,1$ mL/kg/min, que se assemelham aos observados por nossa amostra, indicando que estes valores podem contribuir como referencial para a interpretação de atletas de elite de karate do sexo feminino em fase competitiva.

Neste aspecto de caracterização, através dos dados supracitados, observa-se a importância da identificação de valores referenciais que possam nortear o entendimento e direcionamento da equipe técnica durante o período de competição. Pelo exposto, fica clara a relevância da apresentação destas informações, especialmente relacionadas ao sexo feminino, considerando que a maior parte dos trabalhos aqui citados foram desenvolvidos em atletas do sexo

masculino. Além disso, estas repostas podem contribuir para o desenvolvimento de novos estudos que evidenciam a modalidade karate.

Em uma nova perspectiva, objetivando compreender, nesta fase e população, o comportamento da MAFC e sua relação com o desempenho físico, foi verificada uma correlação muito alta ($r=0,98$) dos índices RMSSD com os valores do consumo máximo de oxigênio pico relativo, além de uma correlação alta ($r=0,74$) com a PI_{max} .

A MAFC é um método amplamente utilizado no cenário esportivo, especialmente por ser considerada uma ferramenta de avaliação que indica o estado do sistema autonômico com baixo custo, eficiente, de fácil aplicação e não invasiva (SCHNEIDER et al., 2018). As informações obtidas pela avaliação da MAFC contribuem diretamente para o entendimento das condições de carga de treinamento, recuperação e prescrição, podendo assim, representar um marcador direto que tem influência sobre o desempenho esportivo (BUCHHEIT et al., 2007; BISSCHOFF et al., 2018; FLATT & HOWELLS, 2019). Neste contexto, diversos trabalhos utilizaram a MAFC para identificar sua relação com o desempenho em diversas modalidades (FLATT et al., 2016, NAKAMURA et al., 2016; FLATT et al., 2017; BISSCHOFF et al., 2018; ABAD et al., 2019; FLATT et al., 2019). Especialmente no karate, apesar das ações decisivas de ponto serem dependentes da via ATP-CP, o desempenho aeróbio representa uma variável importante para o sucesso da modalidade, já que a luta de karate é predominantemente aeróbia, com contribuição de cerca de 75% desta via energética (BENEKE et al., 2004; IIDE et al., 2008; DORIA et al., 2009), justificando a importância da avaliação desta variável nesta população, especialmente no período competitivo.

Destacadamente, a relação entre a MAFC e o desempenho aeróbio observada em nosso estudo apresentou-se significativamente alta, indicando uma forte associação entre essas variáveis nessa população e condição. Esta se torna uma relevante informação para direcionar equipes técnicas no acompanhamento e monitoramento dessa modalidade.

De forma semelhante, Flatt et al. (2017), avaliando atletas de futebol do sexo feminino, demonstraram uma relação dos índices da MAFC com alterações nas cargas de treinamento, onde as maiores cargas de treinamento foram associadas a diminuição dos índices da MAFC, em contrapartida menores cargas de treinamento foram associadas ao aumento destes índices. Em suas justificativas os autores reforçam a importância do monitoramento adequado desta variável, como uma importante ferramenta durante a fase de preparação dos atletas. Considerando que o equilíbrio entre o *stress* e a recuperação condicionarão o desempenho esportivo, os índices da MAFC foram associados à melhora da aptidão física em jogadores de futebol (FLATT et al., 2017). Assim, corroborando com nossos resultados essas afirmativas demonstram a direta relação da MAFC com o desempenho físico em atletas, especialmente em nossa amostra demonstrando a direta relação desta variável com o desempenho específico de atletas do sexo feminino da modalidade de karate em fase de competição.

A correlação muito alta encontrada entre a potência aeróbia e os índices da MAFC do presente estudo corroboram com os achados de Buchheit et al. (2006) que observaram relação significativa da capacidade cardiorrespiratória e a MAFC, entretanto, grande parte das pesquisas nessa área envolvem atletas recreativos e bem treinados, com pequeno número de estudos realizados em

atletas de elite (PLEWS et al., 2013), especialmente na modalidade de karate, reforçando a contribuição do presente estudo.

Quanto aos mecanismos envolvidos para uma possível justificativa desta correlação, Huatala et al. (2003) apontam para a ligação entre a função vagal cardíaca e a resposta ao treinamento. Neste aspecto, indivíduos com boa função vagal apresentam uma maior capacidade de adaptação ao sistema cardiovascular, a qual contribui para um melhor desempenho cardiovascular geral frente ao treinamento físico regular, favorecendo o condicionamento aeróbio (HUATALA et al., 2003). Por tal afirmativa, a realização do controle autonômico como marcador de monitoramento se configura como uma determinante ferramenta a ser avaliada no esporte (BISSCHOFF et al., 2018), especialmente, considerando os resultados observados de alta correlação do RMSSD com o desempenho específico do KST no período de competição, acreditamos que a MAFC se configura como determinante para o planejamento técnico e sucesso competitivo na modalidade karate.

Considerando a alta relação entre o RMSSD e $PI_{m\acute{a}x}$ observada em nossos resultados, estudos anteriores investigaram a relação entre a utilização eficiente do músculo diafragma e a modulação autonômica (STROMBERG et al., 2015), demonstrando que a realização de padrões inspiratórios com maior ação diafragmática, tem-se mostrado uma forma de minimizar a predominância simpática, que por sua vez, pode refletir no aumento do componente parassimpático (FERREIRA et al., 2013), neste contexto, justificando que os altos índices do RMSSD se correlacionaram com a força muscular respiratória.

Complementarmente, modalidades que possuem alta exigência ventilatória e metabólica associada a atividade esportiva envolvendo os

membros inferiores e superiores, apresentam dupla exigência sobre a musculatura inspiratória, o que é justificada pela ação destes músculos durante a realização do gesto esportivo, bem como, simultânea ativação para a manutenção do processo de inspiração em altas intensidades do exercício (LOMAX et al., 2015), neste aspecto, a modalidade apresenta alta capacidade em estimular o bom condicionamento da musculatura inspiratória, o que possivelmente contribuiu para a forte associação entre os altos índices do RMSSD com a $PI_{máx}$ observadas em nosso estudo.

Adicionalmente, tanto os altos índices de MAFC como a $PI_{máx}$ se mostram variáveis que interferem positivamente no desempenho esportivo (HARTZ, et al., 2018; ABAD et al., 2019; FLATT et al., 2019), afinal representam uma boa modulação vagal e de força dos músculos inspiratórios, o que justifica as altas relações apresentadas com o teste de desempenho específico do karate (KST), bem como, ressaltam a importância da avaliação e monitoramento destas variáveis no processo de preparação e competição de atletas de karate.

As limitações do presente estudo foram o número amostral e a escassez de investigações científicas semelhantes com a mesma população. Entretanto devido a exigência da alta qualidade das atletas, justifica-se o tamanho da amostra.

6. CONCLUSÃO

Concluimos que a caracterização das variáveis fisiológicas, mecânicas e antropométricas de atletas de elite do sexo feminino em fase competitiva apresentou dados que diferem em alguns aspectos daqueles observados na literatura, justamente por tratar-se de uma população específica e pouco investigada até o momento, e que contribui para um maior entendimento sobre a modalidade. Ainda, o índice RMSSD apresentou correlação positiva com o pico do consumo de oxigênio relativo no teste específico de esforço do karate (KST) e com a pressão inspiratória máxima, indicando que a MAFC tem correlação com variáveis de desempenho aeróbio e força muscular inspiratória em atletas de elite do sexo feminino em fase competitiva.

7. REFERÊNCIAS *

ABAD, C.C.C. et al., Short-Term Cardiac Autonomic Recovery after a Repeated Sprint Test in Young Soccer Players. **Sports Journal**. v.7(102), p: 1-7, 2019.

AMUSA, L.; ONYEWADUME, I., Anthropometry, body composition and somatotypes of Botswana national karate players: a descriptive study. **Acta Kines Univ Tart**. v. 6, p: 7-14, 2001.

AMRI, S. et al., Anthropometric correlates of motor performance among Malaysian university athletes. **Movement, Health & Exercise**, v.1(1), p: 75-92, 2012.

ARRIAZA, R. Karate. In: KORDI, R., MAFFULLI, N., WROBLE, R.R., WALLACE W.A. **Combat Sports Medicine**. Londres: Editora Springer, p: 287-297, 2009.

BENEKE, R. et al., Energetics of karate kumite. **Eur J Appl Physiol**. 92(4-5), p: 518–523, 2004.

BIGARD, A.X.; GUEZENNEC, C.Y. Evaluation of the cosmed K2 telemetry system during exercise at moderate altitude. **Med Sci Sports Exerc**. V. 27(9), p:1333–1338, 1995.

BISSCHOFF, C.A. et al., Heart rate variability and recovery as predictors of elite, African, male badminton players' performance levels. **Int. J. Perform. Anal. Sport**. v. 18, p:1–16, 2018.

BLACK, L.F.; HYATT, R.E. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. **Am Rev Respir Dis**. v. 103, p: 641-50, 1969.

BLAZEVIC, S.; KATIC, R.; POPOVIC, D., The effect of motor abilities on karate performance. **Coll. Antropol**. v. 30, p: 327–333, 2006.

BOLANDER, R.P.; NETO, O.P.; BIR, C.A., The effects of height and distance on the force production and acceleration in martial arts strikes. **J Sports Sci Med**. v. 8, p: 47–52, 2009.

BORDONO, B. & ZANIER, E., Anatomic connections of the diaphragm: influence of respiration on the body system. **Journal of Multidisciplinary Healthcare**. V. 6, p: 281–291, 2013.

BRILLA, L.B.; KAUFFMAN, T.H. Effect of Inspiratory Muscle Training and Core Exercise Training on Core Functional Tests. **JEPonline**; v. 17(3), p :12-20, 2014.

* Baseadas na norma NBR 6023, de 2002, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

BUCHHEIT, M. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. **AJP: Heart and Circulatory Physiology**, v. 291, n. 1, p: H451–H458, 2006.

BUCHHEIT, M. et al., Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? **Am J Physiol Heart Circ Physiol**. v. 293, p: H8-H10, 2007.

BUCHHEIT, M., Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? **Front Physiol.**; v.5, p:73, 2014.

BUSSWEILLER, J. & HARTMANN, U., Energetics of basic karate kata. **Eur J Appl Physiol**. v. 112(12), p: 3991-3996, 2012.

CALLAWAY, W.C. et al., Circumferences. In: Lohman T.G., Roche A.F., Martorell R., editors. Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign: Human Kinetics, p: 39-54, 1988.

CATIKKAS. F.; KURT, C.; ATALAG, O.; Kinanthropometric Attributes of Young Male Combat Sports Athletes. **Collegium Antropologicum**, v.37, p:1365-1368, 2013.

CHAABÈNE H. et al., Reliability and construct validity of the karate specific aerobic test. **J. Strength Cond Res**. v. 26(12), p: 3454-3460, 2012a.

CHAABÈNE, H.; HACHANA, Y.; FRANCHINI, E. Physical and physiological profile elite karate athletes. **Sports Med**. v.42, p: 829–43, 2012b.

CHAABENE H. et al., Relative and absolute reliability of karate specific aerobic test (ksat) in experienced male athletes. **Biology of Sport**. v. 29(3), p: 211-215, 2012c.

CHAABÈNE, H. et al., Time–motion analysis and physiological responses to karate official combat sessions: is there a difference between winners and defeated karatekas? **Int J Sports Physiol Perform**. v. 9(2), p: 302–308, 2014a.

CHAABENE H. et al., Physiological responses and performance analysis difference between official and simulated karate combat conditions. **Asian J Sports Med**. v. 5, p: 21–29, 2014b.

CHAABENE H. et al., Physiological responses to karate specific activities. **Sci Sports**. v. 30, p: 302–308, 2015a.

CHAABENE H. et al., Criterion related validity of karate specific aerobic test (KSAT). **Asian J Sports Med**. V. 6(3), p: e23807, 2015b.

CHAABENE, H. et al., Physiological stress and performance analysis to karate combat. **J Sports Med Phys Fitness**. v. 56, p: 1125–1131, 2016.

CHAABENE, H. et al., A needs analysis of karate kumite with recommendations for performance testing and training. **Strength and Conditioning Journal**. v. 0, p: 1-24. 2018.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE KARATE. Relatório estratégico de participações e resultados. <https://1318c664-5f14-ab25-7dec-30539ce2ca69.filesusr.com/ugd/03d59d_1c9759423a89454ebc62f73e413b8f4b.pdf> Acesso em: 29.01.2020.

CUPPARI L. Guia de Nutrição: Nutrição Clínica no Adulto. 1ª ed. São Paulo: Manole; 2002. (Coleção Guia de Medicina Ambulatorial e Hospitalar Unifesp, Escola Paulista de Medicina).

DALUI, R.; BANDYOPADHYAY, A.; Fitness profile of indian male karate players. **Journal of Combat Sports and Martial Arts**. v. 7, p: 51-55, 2016.

DENADAI, B.S.; Consumo máximo de oxigênio: fatores determinantes e limitantes. **Revista brasileira de atividade física e saúde**. v. 1(1), p:85-94, 1995.

DORIA, C. et al., Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. **Eur J Appl Physiol**. v.107(5), p: 603–610, 2009

FERREIRA, Janaína Barcellos et al. Inspiratory muscle training reduces blood pressure and sympathetic activity in hypertensive patients: A randomized controlled trial. **International Journal Of Cardiology**. v. 166, n. 1, p: 61-67, 2013.

FIOGBÉ, E. et al., Função autonômica cardíaca e nível de atividade física de pacientes com doença arterial coronariana. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**. v. 19(5), p: 579-589, 2014.

FIOGBÉ, E. et al., Water exercise in coronary artery disease patients, effects on heart rate variability, and body composition: A randomized controlled trial. **Physiotherapy Research International**. p: 1-9, 2018.

FLATT, A.A. et al., Interpreting daily heart rate variability changes in collegiate female soccer players. **J Sports Med Phys Fitness**. p: 1827-1928, 2016.

FLATT, A.A.; ESCO, M.R.; NAKAMURA, F.Y.; individual heart rate variability responses to preseason training in high level female soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 31(2), p: 531-538, 2017.

FLATT, A.A. & HOWELLS, D., Effects of varying training load on heart rate variability and running performance among an Olympic rugby sevens team. **J. Sci. Med. Sport**. v. 22, p: 222–226, 2019.

FORTIN, Y.; LAMONTAGNE, M.; GADOUAS, A., Punching bag dynamometer. **Journal of Biomechanics**, v. 27(6), p: 758, 1994.

FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. **J Strength Cond Res**. V. 15(1), p:109–115, 2001.

FOX, E.L.; MATHEUS, D.K. **Bases fisiológicas da educação física e dos desportos**. 3 Edição. Editora interamericana, 2000.

FRANCESCATO, M.; TALON, T.; DI PRAMPERO, P., Energy cost and energy sources in karate. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 71, p: 355-361, 1995.

FRANCHINI, E.; OUERGUI, T.; CHAABENE, H.; Physiological characteristics of karate athletes and karate specific tasks. **OMICS Group eBooks**, 2015.

GAMA, M.C.T. et al., The 3-min all-out test is valid for determining critical power but not anaerobic work capacity in tethered running. **Plos One**. p: 1-15. 2018

GARCÍA, J.; CAÑADAS, M.; PAREJO, I. Una revisión sobre la detección y selección del talento en balonmano. **Revista de Ciencias Del Esporte e-balonmano.com**. v. 3(3), p :39–46, 2007.

GATHERCOLE R. et al., Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. **Int J Sports Physiol Perform**. v. 10, p: 84–92, 2015.

GAVRILLOVIC, D. et al. Work and rest peak heart rate variability response during the different technical and tactical situations of elite kickboxers. **International Journal of Performance Analysis in Sport**. v.16(1), p:96-110, 2016.

GIAMPIETRO, M.; PUJIA, A.; BERTINI, I., Anthropometric feature and body composition of young athletes practicing karate at high and medium competitive level. **Acta Diabetol**. v. 40, p: S145-148, 2003.

GISSELMAN, A.S. et al., Musculoskeletal overuse injuries and heart rate variability: Is there a link? **Medical Hypotheses**. v. 87, p:1-7, 2016.

GHELLER, R.G. et al., Effect of different knee starting angles on intersegmental coordination and performance in vertical jumps. **Hum Mov Sci** v. 42, p: 71–80, 2015.

GOODWIN, M.L. et al. Blood lactate measurements and analysis during exercise: a guide for clinicians. **J Diabetes Sci Technol**. v.1(4), p: 558–569, 2007.

GRANT, S. et al. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. **J Sports Sci**, v. 15, n. 4, p. 403–410, 1997.

HARTZ, S. A. et al., Effect of Inspiratory Muscle Training on Performance of Handball Athletes. **Journal of Human Kinetics**. v. 63, p: 43-51, 2018.

HAUTALA, A.J. et al., Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**. v. 285, p: H1747–H1752, 2003.

- IIDE, K. et al. Physiological responses of simulated karate sparring matches in young men and boys. **J Strength Cond Res.** v. 22(3), p: 839–844, 2008.
- IMAMURA, H. et al., Physiological responses during and following karate training in women. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.** v. 42, p: 431-437, 2002.
- IMAMURA, H. et al., Oxygen uptake, heart rate, and blood lactate responses during 1,000 punches and 1,000 kicks in female collegiate karate practitioners. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science.** v. 22(2), p: 111-114, 2003.
- JOHNSTON, R.D. et al., Physiological responses to an intensified period of rugby league competition. **J Strength Cond Res.** v.27, p: 643–654, 2013.
- JUKIC, J. et al., Morphological, Motor and Technical Determinants of Fighting Efficiency of Croatian Female Cadet Age Karate Athletes. **Coll. Antropol.** v.37 (4), p: 1253–1259, 2013.
- JUKIC, J. Gender Differentiations of Some Anthropological Characteristics of Karate Players – Cadets. **Coll. Antropol.** v.39 Suppl. 1: 83–94, 2015.
- KAWAMORI, N.; HAFF, G.G., The optimal training load for the development of muscular power. **J Strength Cond Res.** v. 18, p: 675–684, 2004.
- KOROBAYNIKOV, G. et al., Heart rate variability system in elite athletes with different levels of stress resistance. **Journal of Physical Education and Sport.** v. 18(2), p: 550-554, 2018.
- KOROPANOVSKI, N. et al., Anthropometric and physical performance profiles of elite karate kumite and kata competitors. **Journal of Human Kinetics.** v. 30, P: 107-114, 2011.
- LENETSKY, S.; HARRIS, N.; BRUGHELLI, M., Assessment and contributors of punching forces in combat sports athletes: implications for strength and conditioning. **Strength and Conditioning Journal.** v. 35, p: 1-7, 2013.
- LOMAX, M.; TASKER, L., BOSTANCI, O., An electromyographic evaluation of dual role breathing and upper body muscles in response to front crawl swimming. **Scand J Med Sci Sports.** v. 25(5), p: e472-e478, 2015.
- LOTHIAN, F.; FARRALLY, M.R.; MAHONEY, C. Validity and reliability of the Cosmed K2 to measure oxygen uptake. **Can J Appl Physiol.** v. 18(2), p:197–206, 1993.
- LOTURCO, I. et al., Predicting punching acceleration from selected strength and power variables in elite karate athletes: A multiple regression analysis. **J Strength Cond Res.** v. 28, p: 1826–1832, 2014.

LOTURCO, I.; NAKAMURA, F.Y., Training periodization an obsolete methodology? **Aspetar Sports Medicine Journal**. p: 110-115, 2016.

LOTURCO, I. et al. Physical and physiological traits of a double world karate champion and responses to a simulated kumite bout: A case study. **International Journal of Sports Science & Coaching**. v. 0(0), p: 1–10, 2016.

LOTURCO, I. et al., Validity and usability of a new system for measuring and monitoring variations in vertical jump performance. **The Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 31(9), p: 2579-2585. 2017.

MAÇUSSA, L. et al., Physiological and perceived exertion responses during specific training of goju-ryu karate kata. **Journal of Combat Sports and Martial Arts**. v. 5, p: 113-117, 2014.

MALONE, J. J. et al., Countermovement jump performance is not affected during an in-season training microcycle in elite youth soccer players. **J Strength Cond Res**. v. 29, p: 752–757, 2015.

MACDONALD, C.J. et al., Influence of body composition on selected jump performance measures in collegiate female athletes. **Journal of Trainology**. v. 2(2), p: 33-37, 2013.

MIDGLEY, A.W. et al., Criteria for determination of maximal oxygen uptake: a brief critique and recommendations for future research. **Sports Med**. v. 37(12), p: 1019–1028, 2007.

MILANEZ, V.F. et al., Correlates of session-rate of perceived exertion (RPE) in a karate training session. **Science & Sports**. v. 26, p: 38-43, 2011.

MORALES, J. et al., The Use of Heart Rate Variability in Assessing Precompetitive Stress in High-Standard Judo Athletes. **Int J Sports Med**. v. 34, p: 144-151, 2013.

MORALES, J. et al., Use of Heart Rate Variability in Monitoring Stress and Recovery in Judo Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 28(7), p: 1896-1905, 2014.

MORENO, G. A.; MORENO, L. E. A.; JARAMILLO, P. C. A. Characterization of karate athletes and college basketball: body composition and anthropometry saltability. **Rev. Edu-Fisica**, v.3(8), p: 1-20, 2011.

MUKAKA, M.M. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**. v. 24(3), p: 69-71, 2012.

NAKAMURA, F. Y. et al., Cardiac autonomic and neuromuscular responses during a karate training camp before the 2015 pan american games: A case study with the brazilian national team. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. v. 11, p: 833-837, 2016.

NEDER, J. A. et al., References values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Braz J Med Biol Res.** v. 32(6), p: 719-27, 1999.

NIKOOKHESLAT, S.D. et al., Physical and Physiological Profile of Elite Iranian Karate Athletes. **International Journal of Applied Exercise Physiology.** v.5(4), p: 35-44, 2016.

NUNAN, D. Development of a sports specific aerobic capacity test for karate – a pilot study. **J Sports Sci Med.** v. 5, p: 47-53, 2006.

PADULO, J. et al., The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male karate athletes. **Muscles, Ligaments and Tendons Journal.** v. 4(2), p: 121-126, 2014.

PIKKUJA, S.M. Et al., Cardiac interbeat interval dynamics from child-hood to senescence: comparison of conventional and new measures based on fractals and chaos theory. **Circulation** v. 100, p : 393– 399, 1999.

PLEWS, D.J. et al., Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training?: a case comparison. **Eur J Appl Physiol.** v.112, p: 3729–3741, 2012.

PLEWS, D.J. et al., Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. **Sports Med.** v.43, p: 773–781, 2013.

POOLE, D.C.; JONES, A.M., Measurement of the maximum oxygen uptake VO_{2max} : VO_{2peak} is no longer acceptable. **Journal of applied physiology.** v.122(4), p: 997-1002, 2017.

POPOVIC, S. et al., Comparative study of anthropometric measurement and body composition between elite soccer and basketball players. **Int. J. Morphol.,** v. 31(2), p :461-7, 2013.

PROIETTI, R. et al., Heart rate variability discriminates competitive levels in professional soccer players. **Journal of strength and Conditioning Research.** v. 31 (6), p: 1719–1725, 2017.

RAMSBOTTOM, R. et al. Determinants of five kilometers running performance in active men and women. **Br J sports Med.** V. 21, n. 2, p. 9-13, 1987.

RAVE, G. et al., Heart rate recovery and heart rate variability: use and relevance in European professional soccer. **International Journal of Performance Analysis in Sport.** v. 18(1), p:168–183, 2018.

RAVIER, G. ; GRAPPE, F. ; ROUILLON, J.D. ; Application of force velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the functional assessment of karate competitor. **J Sports Med Phys Fitness.** v. 44, p: 349-55, 2004.

RAVIER, G. et al., Maximal accumulated oxygen deficit and blood responses of ammonia, lactate and pH after anaerobic test: a comparison between International and national elite karate athletes. **Int J Sports Med**. v. 27, p: 810 – 817, 2006.

RAVIER, G. et al., Impressive anaerobic adaptations in elite karate athletes due to few intensive intermittent sessions added to regular karate training. **Scand J Med Sci Sports**. v. 19, p: 687–694, 2009.

ROLLO, S.; TRACEY, J.; PRAPAVESSIS, H., Effects of a Heart Rate Variability Biofeedback Intervenor on on Athletes Psychological Responses Following Injury: A Pilot Study. **International Journal of Sports and Exercise Medicine**. v. 3(6), p: 1-14, 2017.

ROMER, L.M.; POLKEY, M.I., Exercise induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. **J Appl Physiol**. v.104(3), p: 879-88, 2008.

ROSCHER, H. et al., Association between neuromuscular tests and kumite performance on the Brazilian Karate National Team. **Journal of Sports Science and Medicine**. v. 8. p: 20-24, 2009.

SÁNCHEZ-PUCCINI, M. B. et al. Anthropometric and physical fitness characterization of male elite karate athletes. **International Journal of Morphology**. v. 32, p: 1026-1031, 2014.

SBRICOLLI, P. et al., Assessment of maximal cardiorespiratory performance and muscle power in the italian olympic judoka. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 21(3), p: 738–744, 2007.

SCHNEIDER, C. et al., A. Heart rate monitoring in team sports—A conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. **Front. Physiol.**, v. 9, p: 639, 2018.

SHAVANDI, N. et al., The Effect of Exercise on Urinary Gamma-Glutamyltransferase and Protein Levels in Elite Female Karate Athletes. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 3 (1), p: 41-46, 2012.

SHAW, D.K.; DEUTSCH, D.T.; Heart rate and oxygen uptake response to performance of karate kata. **J Sports Med**. v. 22 (4), p: 461-467, 1982.

SOUSA, F.A.B., **Validade e reprodutibilidade de parâmetros de capacidade e potência aeróbias e anaeróbias obtidas por meio de uma sessão de avaliação em corrida atada**. 2017. 136 f. (Doutorado em em Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo) – Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, SP, 2017.

SPIGOLON, D. et al., Psychometric and Neuromuscular Responses of Elite Karate Athletes during Training Camp for the Pan- American Championship 2016. **Journal of Exercise Physiology online**. v. 21(2), p: 127-138, 2018a.

SPIGOLON, D. et al., The correlation of anthropometric variables and jump power performance in elite karate athletes. **Journal of Exercise Physiology online**. v. 21(1), p: 139-148, 2018b.

SPORTDATA. **Events Archive**. Disponível em: <https://www.sportdata.org/wkf/set-online/calendar_archiv_main.php?active_menu=calendar> Acesso em: 31.01.2020.

STANLEY, J. et al.; Cardiac parasympathetic activity and race performance: an elite triathlete case study. **Int J Sports Physiol Perform**. v.10, p: 528–534, 2015.

STERKOWICZ-PRZYBYCIEŃ, K.L., Body composition and somatotype of the top of polish male karate contestants. **Biology of Sport**. v. 27, p: 195-201, 2010.

STROMBERG, S. E. et al., Diaphragmatic Breathing and Its Effectiveness for the Management of Motion Sickness. **Aerospace Medicine And Human Performance**, v. 86, n. 5, p: 452-457, 2015.

SUETAKE et al., Effects of 9 months of martial arts training on cardiac autonomic modulation in healthy children and adolescents. **Pediatric Exercise Science**. v. 30(4), p: 1-8, 2018.

TABBEN, M. et al.; Validity and reliability of a new karate-specific test for karatekas. **Int J Sports Physiol Perform**. v. 9(6), p: 953-958, 2014.

TABBEN M, et al. Time-motion, tactical and technical analysis in top-level karatekas according to gender, match outcome and weight categories. **Journal of Sports Sciences**. v. 33 (8), p: 841–849, 2015.

TABBEN, M. et al. Decisive-moment: A metric to determine success in elite karate bouts. **Int J Sports Physiol Perform** v. 13, p: 1000–1004, 2018.

TABBEN, M. et al., Technical and tactical discriminatory factors between winners and defeated elite karate athletes. **Int J Sports Physiol Perform**. v.14(5), p:563-568, 2019.

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use**. Eur Heart J, volume 17, number 3, p. 354–381, 1996.

TONG, T.K; WU, S.; NIE, J.; Sport-specific endurance plank test for evaluation of global core muscle function. **Phys Ther Sport**. 15(1):58-63, 2014.

TURNER, A.; BAKER, E. D.; MILLER, S. Increasing the impact force of the rear hand punch. **Strength & Conditioning Journal**, v. 33(6), p: 2–9, 2011.

VANDERLEI, S.C.M et al., Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**. v. 24(2), p: 205-217, 2009.

VIDRANSKI, T.; SERTIC, H.; JUKIC, J., Technical and tactical aspects that differentiate winning and losing performances in elite male karate fighters. **Coll Antropol** 39(suppl 1): 95–102, 2015.

WILLARDSON, J.M., Core stability training: Applications to sports conditioning programs. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 21, p: 979-985, 2007.

WORLD KARATE FEDERATION. **Competition Rules** – Efetivo desde 01.01.2020. Disponível em: <https://www.wkf.net/pdf/WKF_Competition%20Rules_2020_EN.pdf> Acesso em: 28.01.2020a.

WORLD KARATE FEDERATION. **WKF Karate1 Premier League Organizing Rules 2019**. Disponível em: <<https://www.wkf.net/pdf/wkf-premier-league-organising-rules-2019-pdf-eng.pdf>> Acesso em: 28.01.2020b.

WORLD KARATE FEDERATION. **WKF Karate1 Series A Organizing Rules 2019**. <https://www.wkf.net/pdf/organizing-rules-_series-a_2019-pdf-eng.pdf> Acesso em: 28.01.2020c.

WORLD KARATE FEDERATION. **2017 in review: Record-breaking year for Karate**. <https://www.wkf.net/news-center-new/2017-in-review-record-breaking-year-for-karate/643>> Acesso em: 29.01.2020d.

WORLD KARATE FEDERATION. **Structure - Asian Karate Federation**. <<https://www.wkf.net/structure-asian-karate-federation>> Acesso em: 30.01.2020e.

WORLD KARATE FEDERATION. **Structure - European Karate Federation**. <<https://www.wkf.net/structure-european-karate-federation>> Acesso em: 30.01.2020f.

WORLD KARATE FEDERATION. **Structure - Oceanian Karate Federation**. <<https://www.wkf.net/structure-oceanian-karate-federation>> Acesso em: 30.01.2020g.

WORLD KARATE FEDERATION. **Structure - Panamerican Karate Federation**. <<https://www.wkf.net/structure-panamerican-karate-federation>> Acesso em: 30.01.2020h.

WORLD KARATE FEDERATION. **Structure - African Karate Federation**. <<https://www.wkf.net/structure-african-karate-federation>> Acesso em: 30.01.2020i.

ZAGATTO, A.M.; BECK, W.R.; GOBATTO, C.A.; Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 23 (6), p: 1820–1827, 2009.

ANEXO 1

 UNIMEP Universidade Metodista de Piracicaba	Comitê de Ética em Pesquisa CEP-UNIMEP
<h3><i>Certificado</i></h3>	
<p>Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado “Efeitos do treinamento muscular inspiratório e treinamento do core em atletas de karatê”, sob o protocolo nº 100/2015, do pesquisador Profa. Marlene Aparecida Moreno esta de acordo com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 12/12/2012, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.</p>	
<p>We certify that the research project with title “Effects of inspiratory muscle training and core training in Karate athletes”, protocol nº 100/2015, by Researcher Profa. Marlene Aparecida Moreno is in agreement with the Resolution 466/12 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.</p>	
<p>Piracicaba, 25 de agosto de 2015</p>	
 Profa. Dra. Daniela Faleiros Bertelli Merino Coordenadora CEP - UNIMEP	