

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – CAMPUS DE RIO CLARO

**CUSTO ENERGÉTICO DURANTE A PRÁTICA DO *KENDÔ* E PROPOSIÇÃO DE
PROTOCOLO ESPECÍFICO PARA AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AERÓBIA EM
PRATICANTES**

Energy expenditure during *Kendô* practice and a specific protocol as proposal to the
assessment of practitioner's aerobic condition

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS

NÍVEL:

MESTRADO

CANDIDATO:

ANDREI SANCASSANI

ORIENTADOR:

PROF. DR. DALTON MÜLLER PESSÔA FILHO

INÍCIO DO CURSO:

MARÇO DE 2014

RIO CLARO

Estado de São Paulo – Brasil

Abril de 2016

ANDREI SANCASSANI

CUSTO ENERGÉTICO DURANTE A PRÁTICA DO *KENDÔ* E PROPOSIÇÃO DE
PROTOCOLO ESPECÍFICO PARA AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AERÓBIA EM
PRATICANTES

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biotecnologia do Câmpus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista, como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Desenvolvimento
Humano e Tecnológicas.

Comissão Examinadora:

Prof^o. Dr. Dalton Müller Pessôa Filho

Prof^o Dr. Kazuo Kawano Nagamine

Prof^o. Dr. Cassiano Merussi Neiva

Rio Claro, 06 de Abril de 2016

574.1 Sancassani, Andrei
S199c Custo energético durante a prática do Kendô e proposição de protocolo específico para avaliação da aptidão aeróbia em praticantes / Andrei Sancassani. - Rio Claro, 2016
60 f. : il., figs., tabs., quadros

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Dalton Müller Pessoa Filho

1. Fisiologia. 2. Análise metabólica. 3. Arte marcial. 4. Equivalente metabólico. 5. Consumo de oxigênio. I. Título.

Agradecimentos

Quero dar meus sinceros agradecimentos a todos que me ajudaram durante este trabalho, os quais sem eles não seria possível a sua finalização. Agradeço aos Assistentes de Suporte Acadêmico Rodrigo Lima, Sérgio Arcangelo e Bruno Viscelli pelas ajudas na utilização dos aparelhos DXA Hologic[®] e K4B², COSMED[®]. Ao meu orientador Dalton Müller Pessoa Filho, por sua disposição e dedicação em me auxiliar durante todo o trabalho, tanto de coleta quanto de análise dos dados obtidos. Também agradeço a todos os outros professores da Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho do Departamento de Educação Física que cederam suas salas e seu tempo para que eu pudesse realizar a minha pesquisa.

Agradeço aos meus amigos de treino, que se voluntariaram e disponibilizaram um pouco do seu tempo para a realização dos testes, assim tornando possível a realização desse trabalho. Aos senseis Reinaldo Mori e Denis Akihissa pela formulação do protocolo de treino e por seus ensinamentos que fizeram com que eu pudesse descrever um pouco do que é o *Kendō* e tudo que envolve essa prática secular.

Também agradeço aos meus pais e meu irmão pela confiança que depositaram em mim e por me possibilitar, através de muitos sacrifícios, as condições mais que necessárias para ter as melhores oportunidades, tornando-me a pessoa que sou hoje.

Lista de Figuras

Figura 1: Pontos preenchidos (●) indicam o consumo total de energia aeróbia durante os exercícios do aquecimento e *waza*, referidos como equivalentes metabólicos. Linhas longas-tracejadas horizontais indicam, a partir da porção inferior do gráfico, os valores de MET em repouso, LPG, PCR e $\dot{V}O_{2max}$, respectivamente; linhas verticais tracejadas indicam a transição entre aquecimento e *waza*. Os valores de MET para LPG, PCR e $\dot{V}O_{2max}$, respectivamente: 6,3, 8,1 e 9,0.....**34**

Figura 2: Taxa de participação dos metabolismos de carboidratos (CHO) (A) e gorduras (FAT) (B) normalizados pelo tempo de execução do protocolo experimental.....**36**

Figura 3: Comparação do desempenho aeróbio entre Teste Incremental em Esteira (A), Teste Incremental Específico1 (B) Teste Incremental Específico 2 (C).....**41**

Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 1: Equações de estimativa do custo calórico.....	21
Tabela 1: Parâmetros do teste incremental padronizado nos praticantes de <i>Kendō</i>	34
Tabela 2: Consumo de energia aeróbia (kcal) da sessão de treinamento do <i>Kendō</i> : aquecimento e <i>waza</i>	35
Tabela 3: Composição corporal regional e total dos praticantes de <i>Kendō</i>	37
Tabela 4: Correlações entre composição corporal total e regional com consumo de energia aeróbia durante as sessões de <i>Kendō</i>	39
Tabela 5: Correlações entre o condicionamento aeróbio e o consumo de energia aeróbia durante sessões de <i>Kendō</i>	40
Tabela 6: Comparação dos parâmetros máximos entre teste incremental padronizado (esteira) e teste incremental específico 1 e 2.....	42

Lista de Abreviaturas

Lista de abreviaturas empregadas no texto, descritas em ordem alfabética.

Sigla	Descrição	Sigla	Descrição
CHO	Carboidrato	MI	Membro inferior
cm	Centímetro	MIG	Massa isenta de gordura
CO ₂	Gás carbônico	MS	Membro superior
DXA	Raio-X de dupla absorção	MT	Massa total
\dot{E}	Custo energético	O ₂	Oxigênio
\dot{E}_{aer}	Gasto energético aeróbio	PCR	Ponto de compensação respiratório
$\dot{E}_{\text{MédioAquec}}$	Custo energético médio durante o aquecimento	P _{ETCO₂}	Pressão de gás carbônico
$\dot{E}_{\text{MédioWaza}}$	Custo energético médio durante o waza	P _{ETO₂}	Pressão de oxigênio
EPE	Erro padrão da estimativa	QR	Quociente respiratório
$\dot{E}_{\text{PicoAquec}}$	Custo energético pico durante o aquecimento	QR _{max}	Quociente respiratório máximo
$\dot{E}_{\text{PicoWaza}}$	Custo energético pico durante o waza	r ²	Coefficiente de variância explicativa
$\dot{E}_{\text{TotalAquec}}$	Custo energético total durante o aquecimento	T	Tronco
$\dot{E}_{\text{TotalProt}}$	Custo energético total durante todo o protocolo	\dot{V}_{CO_2}	Volume de gás carbônico
$\dot{E}_{\text{TotalWaza}}$	Custo energético total durante o waza	\dot{V}_E	Volume expiratório
FAT	Gordura	$\dot{V}_{E\text{max}}$	Volume expiratório máximo
FC	Frequência cardíaca	$\dot{V}_E \times \dot{V}_{\text{CO}_2}^{-1}$	Volume expiratório dividido pelo volume de gás carbônico
FC _{max}	Frequência cardíaca máxima	$\dot{V}_E \times \dot{V}_{\text{O}_2}^{-1}$	Volume expiratório dividido pelo volume de oxigênio
h ₀	Hipótese nula	\dot{V}_{O_2}	Volume de oxigênio
LPG	Limiar de permuta gasosa	$\dot{V}_{\text{O}_2\text{REP}}$	Volume de oxigênio em repouso
kcal	Quilocaloria	T	Tronco
kg	Quilograma	[Lac ⁻]	Concentração de lactato sanguíneo

kJ	Quilojaula	μl	Microlitro
MET	Equivalente metabólico		
MG	Massa gorda		

Resumo

Custo energético durante a prática do *kendō* e proposição de protocolo específico para avaliação da aptidão aeróbia em praticantes

Enquanto luta, o *Kendō* apresenta movimentos dinâmicos e estáticos, com manejo da espada em diferentes planos e amplitudes articulares, além do deslocamento vertical e horizontal do corpo. Este estudo teve por objetivo quantificar o custo energético (\dot{E}) durante a prática do *Kendō*, bem como analisar a aptidão aeróbia de seus praticantes (consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$), limiar de permuta gasosa (LPG) e ponto de compensação respiratória (PCR)) e propor um protocolo progressivo máximo com técnicas do *Kendō* para a avaliação específica da aptidão aeróbia. Dez participantes homens ($29,0 \pm 7,6$ anos, $82,0 \pm 14,2$ kg, $174,4 \pm 7,5$ cm) foram submetidos à (1) avaliação da composição corporal pelo DXA, (2) teste progressivo em esteira para avaliação cardiorrespiratória, (3) protocolo de desempenho: 11 exercícios de aquecimento e 31 de *waza*, aplicando técnicas de *Kendō* e (4) protocolo específico para o *Kendō*. Parâmetros ventilatórios foram amostrados respiração-a-respiração, usando uma unidade portátil (K4b², COSMED[®]). O \dot{E} ($\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$) foi obtido pela equação: $\dot{E} = 3,941 \times \dot{V}O_2 + 1,106 \times \dot{V}CO_2$. Para cada fase do protocolo (aquecimento e *waza*) foram considerados: \dot{E}_{Pico} ($\dot{E}_{PicoAquec}$ e $\dot{E}_{PicoWaza}$, em $\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$), $\dot{E}_{Média}$ ($\dot{E}_{MédiaAquec}$ e $\dot{E}_{MédiaWaza}$, em $\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$) e \dot{E}_{Total} ($\dot{E}_{TotalAquec}$, $\dot{E}_{TotalWaza}$ e $\dot{E}_{TotalProt}$, em kcal). A transformação em equivalente metabólico (MET) foi realizada com o emprego da constante 4.184 ($\text{kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{h}^{-1}$) a partir do $\dot{V}O_2$ de repouso (avaliado na posição sentada durante 10 minutos). A quantidade (gramas) e taxa ($\text{gramas} \cdot \text{min}^{-1}$) de oxidação de carboidratos (CHO) e gorduras (FAT) foi determinada por: $\text{CHO} = 4,585 \dot{V}CO_2 - 3,226 \dot{V}O_2$ e $\text{FAT} = 1,695 \dot{V}O_2 - 1,701 \dot{V}CO_2$. O coeficiente de Pearson analisou as correlações entre as

variáveis do custo energético e da composição regional e corporal. Em todas as análises adotou-se $p \leq 0,05$. Os valores de \dot{E}_{Total} foram: $76,2 \pm 13,2$ kcal ($\dot{E}_{TotalAquec}$) e $142,2 \pm 26,5$ kcal ($\dot{E}_{TotalWaza}$). Os valores de pico foram: $13,5 \pm 2,7$ kcal \times min $^{-1}$ ($\dot{E}_{PicoAquec}$) e $14,3 \pm 2,9$ kcal \times min $^{-1}$ ($\dot{E}_{PicoWaza}$). Em METs, os valores alcançaram picos de $6,9 \pm 1,4$ e $7,7 \pm 1,8$ kJ \times kg $^{-1}\times$ h $^{-1}$ durante a execução do aquecimento e *waza*, respectivamente. As quantidades de CHO e FAT utilizadas foram $21,5 \pm 7,4$ gramas e $2,0 \pm 1,1$ gramas (aquecimento) e $52,0 \pm 6,4$ gramas e $0,1 \pm 0,2$ gramas (*waza*). A massa total e área regional e corporal não diferem quanto à influência sobre as variáveis de \dot{E} e oxidação de substratos, porém a massa isenta de gordura regional (MIG) é mais influente sobre as variáveis de \dot{E} , quando comparada à MIG corporal. Assim, a demanda energética durante a execução das técnicas do *Kendō* está associada à área e à quantidade de tecido regional metabolicamente ativo.

Palavras-chaves: gasto energético, arte marcial, equivalente metabólico, consumo de oxigênio

Abstract

Energy expenditure during *Kendō* practice and a specific protocol as proposal to the assessment of practitioner's aerobic condition

As fighting, the *Kendō* is a combination of dynamic and static movements handling the sword in different plans and range of motion, as well as vertical and horizontal body displacement. This study aimed to quantify the energy cost during the practice of *Kendō*, and also analyze the aerobic level of the practitioners (maximal oxygen consumption ($\dot{V}O_{2max}$), gas exchange threshold (GET) and respiratory compensation point (RCP)), and finally propose a progressive protocol from *Kendō* techniques to the specific assessment of aerobic condition. Ten male participants (29.0 ± 7.6 years, 82.0 ± 14.2 kg, 174.4 ± 7.5 cm) were underwent (1) assessing body composition by DXA, (2) progressive treadmill test for cardiac evaluation, (3) Performance protocol: 11 warm-up exercises and 31 *waza*, applying techniques *Kendō*, and (4) specific *Kendō* protocol. Ventilatory parameters were sampled breath-by-breath using a portable unit (K4b², Cosmed). The \dot{E} ($\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$) was obtained from: $\dot{E} = 3.941 \times 1.106 \times \dot{V}O_2 + \dot{V}CO_2$. For each phase of the protocol (warm-up and *waza*) were considered: \dot{E}_{Peak} ($\dot{E}_{PeakWarm}$ and $\dot{E}_{PeakWaza}$, in $\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$), \dot{E}_{Mean} ($\dot{E}_{MeanWarm}$ and $\dot{E}_{MeanWaza}$, in $\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$), and \dot{E}_{Total} ($\dot{E}_{TotalWarm}$, $\dot{E}_{TotalWaza}$ and $\dot{E}_{TotalProt}$, in kcal). The metabolic equivalent (MET) was obtained by the constant 4.184 ($\text{kJ} \times \text{g}^{-1} \times \text{h}^{-1}$) from the rest $\dot{V}O_2$ (measured in sited position for 10 minutes). The amount (grams) and rate ($\text{grams} \times \text{min}^{-1}$) for carbohydrate (CHO) and fat (FAT) oxidation were measured from $\text{CHO} = 4,585 \dot{V}CO_2 - 3,226 \dot{V}O_2$ e $\text{FAT} = 1,695 \dot{V}O_2 - 1,701 \dot{V}CO_2$. The Pearson's coefficient analyzed the correlation between the variables of energy cost and regional/whole body composition. The level of significance was set at $p \leq 0.05$. The values for \dot{E}_{Total} were: 76.2 ± 13.2 kcal ($\dot{E}_{TotalAquec}$) and 142.2 ± 26.5 kcal

($\dot{E}_{\text{TotalWaza}}$). The peak values were: $13.5 \pm 2.7 \text{ kcal}\times\text{min}^{-1}$ ($\dot{E}_{\text{PeakWarm}}$) and $14.3 \pm 2.9 \text{ kcal}\times\text{min}^{-1}$ ($\dot{E}_{\text{PeakWaza}}$). The MET values reached peaks at 6.9 ± 1.4 and $7.7 \pm 1.8 \text{ kJ}\times\text{kg}^{-1}\times\text{h}^{-1}$ during the warm-up and *waza*, respectively. The amount of CHO and FAT oxidized were 21.5 ± 7.4 grams and 2.0 ± 1.1 grams (warm-up), and 52.0 ± 6.4 grams and 0.1 ± 0.2 grams (Waza). The regional and whole-body total mass and area had no different for the influence on the expenditure of \dot{E} and substrate, although regional FFM exerted greater influence on \dot{E} variables than whole-body FFM have presented. Thus, the energy demand during *Kendō* performance is related to the area and the amount of regional tissue metabolically active.

Key-words: energy expenditure, martial arts, metabolic equivalent, oxygen consumption

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Caracterização das demandas metabólicas em artes marciais	18
2.2 Respostas fisiológicas no <i>Kendō</i>	19
2.3 Cálculo da demanda energética	20
2.4 Utilização de substratos durante atividade	23
3. OBJETIVOS	26
4. HIPÓTESES.....	27
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
5.1. Participantes.....	28
5.2. Composição corporal.....	28
5.3. Protocolo incremental em esteira	29
5.4. Protocolo experimental.....	29
5.5. Protocolo incremental específico 1	30
5.6. Protocolo incremental específico 2.....	30
5.7. Coleta e análise sanguínea	31
5.8. Procedimentos de medições metabólicas	31
5.9 critérios de determinação dos limiares	33
5.10. Cálculos energéticos	34
5.11. Tratamento estatístico	35
6. RESULTADOS	36
7. DISCUSSÃO	45
8. CONCLUSÃO.....	52
9. REFERÊNCIAS.....	53
GLOSSÁRIO DE TERMOS JAPONESES	58

1. INTRODUÇÃO

Inerente à origem da raça humana vem o espírito de guerra, unificado ao objetivo de expandir e povoar terras desconhecidas os povos nômades deram origem a sistemas de combate que além de assegurar tais metas eram também uma forma de expressar suas culturas e visões de mundo (YONEZAWA, 2010). Com a sistematização e perpetuação de tais técnicas, valores e filosofias deu-se origem ao termo arte marcial. Nesse contexto entra o *Kendō*, prática corporal onde por meio de treinos de golpes específicos utilizando o *shinai*, espada de bambu, o praticante segue o caminho (*Do* 道) em direção da educação da mente e do corpo (RODRIGUES, 2009). Do ponto de vista competitivo o *Kendō* tem por objetivo a tentativa de acertar alvos específicos protegidos por uma armadura (*bogu*), utilizando o *shinai*, sendo válidos somente quatro pontos de acerto, o *men* (cabeça), o *kote* (antebraço), o *do* (abdome 胴) e o *tsuki* (garganta). Depois de efetuado o golpe precisamente demonstrando *ki-ken-tai* (energia, posição correta da espada e posição correta do corpo) o movimento deve ser finalizado com *zanshin* (estado de alerta, tanto físico como mental, contra o contra-ataque do adversário) (IKF, 2006).

Basicamente, as técnicas compreendem dois tipos de movimentos, utilizando os membros superiores para golpear e os membros inferiores para se deslocar. O deslocamento horizontal do corpo é realizado mediante o *suri-ashi*, técnica caracterizada por não haver transposição de um pé com relação ao outro. O *suri-ashi* deve ser feito simultaneamente com a execução de golpes utilizando a *shinai*, em linhas verticais ou diagonais, com uma poderosa fase de potência (IKF, 2006).

O *Kendō* é uma arte marcial com mais de dois milhões de praticantes existentes em mais de cem países (IKF, 2006). Há muitos estudos referentes à

aprendizagem motora e conceitos filosóficos, mas poucos sobre a resposta fisiológica durante sua prática. Contudo, tais estudos já são recorrentes em outras modalidades e artes marciais, como *Boxe* (SMITH, 2006; KHANNA; MANNA, 2006), *Karate-do* (NUNAN, 2006), *Pencak Silat* (AZIZ *et al.*, 2002) e *Sumō* (BEECKLEY, 2006). No estudo de Smith (2006), com pugilistas britânicos (juniores e seniores) que mostram um $\dot{V}O_{2max}$ de $63,8 \pm 4,8 \text{ ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$, o perfil fisiológico durante a prática foi caracterizada como uma demanda metabólica mista (aeróbio e anaeróbio). Outro estudo com pugilistas (KHANNA; MANNA, 2006) teve como meta comparar o condicionamento aeróbio de praticantes de diferentes países. Os achados evidenciaram valores de $\dot{V}O_{2max}$ entre 54-61 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para Indianos, 55,8 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para os Gregos, 56,6 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para os Húngaros, e 64,7 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para pugilistas Franceses. Ainda neste estudo, os autores concluíram que a prática de boxe tem padrões de movimento de curta duração, o que exige alta intensidade e suprimentos metabólicos intermitentes (anaeróbios), mas também requer uma alta demanda aeróbia para evitar a fadiga e assim tolerar rajadas de exercícios intermitentes ao longo da luta. Além disso, o desempenho do boxe foi caracterizado como sendo 70-80% anaeróbio e 20-30% aeróbio (GHOSH *et al.*, 1995).

Outras artes marciais, como o *Karate-do*, a aptidão aeróbia ($\dot{V}O_{2pico}$) dos atletas está entre 48,9 - 49,9 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ (NUNAN, 2006). Já o $\dot{V}O_{2max}$ apresenta um valor de 52,1 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para o *Pencak Silat* (que é muito semelhante aos valores de outros atletas), de 51,4 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para o *Tae-kwon-do*, e de 56,1 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para o *Judō* (AZIZ *et al.*, 2002). Quando a capacidade aeróbia foi avaliada entre os atletas com alto peso corporal e teor de gordura (24%), como *Sumō*, o $\dot{V}O_{2max}$ atinge valores mais baixos ($\sim 31,1 \text{ ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$) em comparação

aos atletas acima mencionados, mesmo se comparados a algumas outras modalidades, como o *Wrestling* ($55,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e *Kendō* ($54,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (BEEKLEY *et al.*, 2006).

A caracterização da intensidade do exercício e da demanda metabólica durante a prática de artes marciais tem ajudado os treinadores a planejar rotinas de treinamento mais eficientes, a fim de coincidir com a especificidade do desporto (KHANNA; MANNA, 2006, SMITH, 2006). As medições de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ dos praticantes, seus determinantes fisiológicos, os registros de frequência cardíaca (FC) e a concentração de lactato sanguíneo ($[\text{Lac}^-]$) podem fornecer informações sobre requisitos aeróbios e anaeróbios para a prática diária de uma modalidade de luta e estratégias de tomada de decisão para o treinamento e competições (SMITH, 2006). No entanto, não há registros de informações metabólicas contínuas durante situações esportivas reais (ambiente e técnica), que melhorariam a validade dos dados para a avaliação e planejamento das rotinas de treinamento (NUNAN, 2006).

Uma informação importante da resposta do $\dot{V}O_2$ durante o exercício contínuo é a análise da função oxidativa, como o tipo de metabolismo intramuscular, nível de treinamento, distribuição dos tipos de fibra e padrão de recrutamento (XU; RHODES, 1999; JONES *et al.*, 2011). Assim, as diferentes respostas de $\dot{V}O_2$ podem distinguir diferentes áreas de exercício contínuo e de intensidade constante, o que também se relacionam com as respostas de concentração de ácido láctico e $\dot{V}CO_2$. Em relação à implementação de instrumentos de análises na arte marcial, o ambiente esportivo reúne muitas situações de risco (contato brusco e quedas) capazes de causar danos aos equipamentos. Assim, a simulação da prática é um método alternativo para adaptar equipamentos e analisar informações fisiológicas. O *Kendō* é uma arte marcial em que a simulação se aproxima do contexto competitivo, uma vez que os

movimentos e as metas não perturbam o recolhimento de dados. Embora, as respostas fisiológicas durante a prática de *Kendō* ainda não tenham sido amplamente averiguadas, o objetivo deste estudo foi analisar a intensidade do exercício durante a prática de *Kendō* por meio de $\dot{V}O_2$ e FC durante a simulação das principais técnicas de combate; e, desse modo, quantificar a demanda energética necessária para uma realização satisfatória da prática. Especulamos também que o *Kendō* requer movimentos de alta intensidade capaz de provocar valores máximos funcionais (FC), metabólicos ($\dot{V}O_2$, QR) e de mecanismos compensatórios (\dot{V}_E , $\dot{V}CO_2$), sendo por isso possível a construção de um protocolo específico de avaliação da aptidão aeróbia e, assim, mais oportuno para a prescrição de um programa de treinamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização das demandas metabólicas em artes marciais

A arte marcial *Kendō* como uma atividade física precisa de uma grande demanda energética para ser executada, no entanto como em outros esportes de combate não-Olímpicos há uma carência de conhecimento sobre a exigência energética (BUSSWEILER; HARTMANN, 2012). Essa compreensão é necessária para aprimorar o desempenho técnico e o treinamento.

Pensando dessa forma, Crisafulli *et al* (2009) observaram que o *Muay Thai* é uma atividade fisicamente exigente com grande envolvimento de ambos metabolismo aeróbio e anaeróbio, portanto eles concluíram que os protocolos de treinamento devem incluir exercícios que demandem ambas as vias. Beneke *et al* (2004), lide *et al* (2008) e Doria *et al* (2009) analisaram o comportamento metabólico durante *kumite* (luta) no *Karate-do*, quanto às características da demanda de energia e concluindo que o perfil acíclico do combate implica que o metabolismo aeróbico contribui predominantemente e que os metabolismos anaeróbios eram complementares. Portanto, esses autores recomendam aos praticantes de *Karate-do* que realizem treinos com pesos, exercícios pliométricos e treinos intervalados para aumentar a habilidade de tamponamento e desenvolver massa magra, força e potência para suportar a exigência motora específica.

Campos *et al* (2012) também analisou a resposta metabólica durante combate em *Tae-kwon-do*. Os autores observaram alta porcentagem de contribuição do sistema aeróbio, adicionalmente à contribuição anaeróbia, concluindo que as artes marciais, principalmente aquelas com movimentos explosivos, dependem desta contribuição como fator de sucesso contra os oponentes. Assim, as sessões de

treinamento devem ser planejadas para aprimorar ambos os sistemas: aeróbio e anaeróbio alático.

De acordo com o Compendium de Atividades Físicas publicado (AINSWORTH *et al.*, 2000), artes marciais, incluindo *Judō*, *Karate-do* e *Kick Boxing*, demandaram em torno de 10 METs durante a prática. Para o Compendium, artes marciais são classificadas como uma prática de exercício vigoroso que provavelmente considera um suplemento de energia anaeróbia significativa durante a prática. Tal gama de contribuição anaeróbia para o volume total de energia foi estimada como sendo superior a 20% (GHOSH *et al.*, 1995; BENEKE *et al.*, 2004; CAMPOS *et al.*, 2012).

Para melhor compreensão dos fenômenos metabólicos que ocorrem durante a luta, é necessária sua quantificação. O trabalho de Crisafulli *et al* (2009) simulou combates de *Muay Thai*, observando o consume energético por volta de 14 kcalx min^{-1} para lutas de 15-min. Para simulações de lutas no *Tae-kwon-do* realizado por atletas de nível nacional e internacional, Campos *et al* (2012) reportou um custo energético total de $43,59 \pm 10,27$ kcal, com uma contribuição aeróbia de 66,6% ($28,66 \pm 5,25$ kcal). Na prática de *kumite* no *Karate-do*, Beneke *et al* (2004) e Doria *et al* (2009) observaram um consumo energético total de $79,85 \pm 20,61$ kcal e $53,86 \pm 4,87$ kcal para atletas homens, com duração de aproximadamente 4-min. Os mesmos autores enfatizaram que o suplemento de energia oxidativa foi em torno de 70-80% para praticantes de alto nível.

2.2 Respostas fisiológicas no *Kendō*

Devido a pouca divulgação e difusão da arte marcial *Kendō* nos países ocidentais, sua relevância acadêmica é pouco relatada. No entanto, autores como

Schmidt *et al* (1985), Beekley *et al* (2006) e Sancassani & Pessoa Filho (2014) apresentaram resultados relevantes no estudo fisiológico dessa modalidade. O trabalho de Schmidt *et al* (1985) analisou 10 atletas de *Kendō* homens (n: 8, idade 28,4 anos, altura 176,8 cm, peso 69,3 kg, porcentagem de gordura 14,4%) observando um custo energético médio durante lutas de 5-minutos de $15,64 \pm 3,06$ kcal \times min⁻¹. Para esses autores, o metabolismo oxidativo é a maior fonte de suprimento energético durante o *Kendō* e, por isso, capaz de caracterizar a prática habilidosa. Beekley *et al*, em seu estudo de 2006, compara o consumo de $\dot{V}O_2$ de diversas modalidades esportivas, dentre elas ele cita o *Kendō*, com consumo médio de $54,9$ ml \times kg⁻¹ \times min⁻¹, sendo similar ao consumo de outras artes marciais como o *Judō* ($57,5$ ml \times kg⁻¹ \times min⁻¹), o *Karate-do* ($57,2$ ml \times kg⁻¹ \times min⁻¹), o *Boxe* ($57,5$ ml \times kg⁻¹ \times min⁻¹) e o *Wrestling* ($55,7$ ml \times kg⁻¹ \times min⁻¹). E mais recentemente Sancassani e Pessoa Filho (2014) relataram o comportamento oxidativo durante uma sessão de treinamento no *Kendō*. O desempenho cardiorrespiratório dos participantes, diferentemente dos resultados dos estudos citados anteriormente, foi de $38,0 \pm 3,2$ ml \times min⁻¹ \times kg⁻¹, indicando um baixo condicionamento aeróbio. No entanto, suas respostas aos limiares respiratórios foram consideradas na média (LPG: $74,5 \pm 6,2\%$ do $\dot{V}O_{2max}$; PCR: $91,4 \pm 1,9\%$ do $\dot{V}O_{2max}$). Além disso, a prática do treinamento foi classificada dentro do domínio pesado e severo do exercício.

2.3 Cálculo da demanda energética

As pesquisas em torno da temática do cálculo da demanda energética tiveram seu início em meados do século XIX, com os estudos de Zuntz (1896). Tradicionalmente, a mensuração da oxidação de substratos para a quantificação energética tem sido feita por meio de medições de calorimetria indireta utilizando equações estequiométricas. Essa técnica é baseada na mensuração do consumo de

oxigênio (O_2) e na produção de gás carbônico (CO_2). Ao longo dos anos tal técnica vem se provando ter uma base sólida, porém há algumas limitações que devem ser consideradas (JEUKENDRUP; WALLIS, 2005).

Inicialmente aplicada para mensuração em animais (DU BOIS; LUSK, 1924), a técnica se provou eficaz e sua aplicabilidade foi reproduzida em situações clínicas (DAMASK *et al.*, 1983), estudos nas áreas de assimilação de nutrientes (ACHESON *et al.*, 1982; FLATT *et al.*, 1985; BOGARDUS *et al.*, 1983), termogênese (ACHESON *et al.*, 1984), em patologias como obesidade e diabetes (PITTET *et al.*, 1976; GOLAY *et al.*, 1984; FOSS *et al.*, 1982; RAVUSSIN *et al.*, 1983), além da atividade física (PAHUD *et al.*, 1980; SEGAL *et al.*, 1985; HAWLEY *et al.*, 2000).

É importante ressaltar que a calorimetria indireta estima o gasto energético, sendo assim o conceito de estimativa deixa claro que há erros sistemáticos no processo. Tal estimativa está sobre os mesmo pressupostos aos quais são utilizados para o cálculo de taxa de oxidação de glicose, lipídeos e proteínas, assim sendo qualquer desvio do modelo assumido irá induzir a um erro (FERRANNINI, 1988). É importante salientar que há uma discordância quanto à influência de processos intermediários no resultado final do cálculo. Autores como Ferrannini (1988) seguem a vertente de que os processos biossintéticos envolvendo a troca gasosa (por exemplo, a lipogênese, a glicogenólise, a cetogênese) que ocorrem durante as oxidações, devem ser levados em conta para o balanço energético, enquanto que outros autores defendem a ideia de que tais processos não alteram o resultado final (JEUKENDRUP; WALLIS, 2005; PÉRONNET; MASSICOTTE, 1991; FRAYN, 1983).

Em seus trabalhos de referência, essa temática era abordada pela construção e revisão de tabelas, estabelecendo valores padrões para a participação da

oxidação dos substratos não-proteicos por meio das trocas gasosas, isto é, aqueles que podem ser descritos pela razão entre $\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}O_2$ (quociente respiratório, QR). As primeiras tabelas desenvolvidas foram feitas por Zuntz & Schumburg (1901), posteriormente revisada por Lusk (1924), além de outras desenvolvidas por Du Bois & Lusk (1924) e Carpenter (1948). Por meio destas tabelas foi possível a formulação de equações, que empregavam parâmetros como o oxigênio consumido, gás carbônico produzido e nitrogênio excretado para estimar o consumo energético do sujeito e a porcentagem de utilização de cada substrato.

As equações formuladas até o presente momento diferem pouco entre si, dependendo do tipo de carboidrato assumido como predominante oxidado (glicose ou glicogênio), como também do volume de oxigênio necessário para a oxidação do substrato (gramas por litro) e do tipo de gordura considerada na oxidação, entre outras variáveis. Essas considerações levam a pequenas alterações nas fórmulas desenvolvidas por Zuntz & Schumburg (1901), Lusk (1924), Weir (1949), Brouwer (1957), Frayn (1983), Ferrannini (1988), Péronnet & Massicotte (1991) e Jeukendrup & Wallis (2005).

Quadro 1: Equações de estimativa do custo calórico

Autores	Equações
Calorias totais	
Lusk (1924)	$3,816 \dot{V}O_2 + 1,230 \dot{V}CO_2 - 0,327p$
Weir (1949)	$3,941 \dot{V}O_2 + 1,106 \dot{V}CO_2$
Oxidação de Carboidratos	
Brouwer (1957)	$4,170 \dot{V}CO_2 - 2,965 \dot{V}O_2 - 0,390p$
Frayn (1983)	$4,55 \dot{V}CO_2 - 3,21 \dot{V}O_2 - 2,87n$
Ferrannini (1988) (glicogênio)	$4,09 \dot{V}CO_2 - 2,88 \dot{V}O_2 - 2,59n$
Péronnet & Massicotte (1991)	$4,585 \dot{V}CO_2 - 3,226 \dot{V}O_2$
Jeukendrup & Wallis (2005) (exercício de baixa intensidade, 40-50% $\dot{V}O_{2max}$)	$4,344 \dot{V}CO_2 - 3,061 \dot{V}O_2 - 2,37n$
(exercício de alta intensidade, 50-75% $\dot{V}O_{2max}$)	$4,210 \dot{V}CO_2 - 2,962 \dot{V}O_2 - 2,37n$
Oxidação de Gordura	
Brouwer (1957)	$1,718 \dot{V}O_2 - 1,718 \dot{V}CO_2 - 0,315p$
Frayn (1983)	$1,67 \dot{V}O_2 - 1,67 \dot{V}CO_2 - 1,92n$
Ferrannini (1988) (glicogênio)	$1,67 \dot{V}O_2 - 1,67 \dot{V}CO_2 - 1,92n$
Péronnet & Massicotte (1991)	$1,695 \dot{V}O_2 - 1,701 \dot{V}CO_2$
Jeukendrup & Wallis (2005)	$1,695 \dot{V}O_2 - 1,701 \dot{V}CO_2 - 1,77n$

n = excreção urinária de nitrogênio, p = oxidação de proteína

2.4 Utilização de substratos durante atividade

Carboidrato e gordura são as duas principais fontes de energia para sustentar o metabolismo oxidativo. A utilização relativa durante o exercício aeróbio depende largamente da intensidade da atividade (VAN LOON *et al.*, 2001; ROMIJN *et al.*, 1993), além é claro, da dieta e nível de treinamento do indivíduo (ROBERTS *et al.*, 1996). A taxa de oxidação de carboidrato no corpo aumenta paralelamente ao aumento da intensidade do esforço, enquanto que a taxa de oxidação de gordura

aumenta em exercícios nas intensidades baixas e moderadas, e então declina drasticamente em intensidades elevadas (CROCI *et al.*, 2014).

É importante ressaltar que o cálculo das taxas de oxidação dos substratos varia de autor para autor, podendo haver uma variação de até 6% no cálculo da oxidação de carboidratos e de 3% no de gorduras (JEUKENDRUP; WALLIS, 2005). Muitas variáveis influenciam na taxa de contribuição dos substratos energéticos. Por exemplo, Roberts *et al.* (1996) reportam que o treinamento de *endurance* auxilia no aumento da taxa de oxidação de gorduras. A base fisiológica para esta alteração não está clara, mas o aumento da taxa máxima de oxidação das gorduras é acompanhado por um aumento da concentração de enzimas para a oxidação de ácidos graxos, um aumento na capilarização do músculo (GOLLNICK; SALTIN, 1988), incluindo um aumento na densidade de capilares nos músculos, densidade mitocondrial, enzimas de β -oxidação e acetil-coa-desidrogenase e do ciclo de Krebs (KROGH; LINDHARD, 1920; HURLEY *et al.*, 1984, 1986; HERMANSEN *et al.*, 1967; HOPPELER *et al.*, 1973; BROOKS; DONOVAN, 1983; COGGAN *et al.*, 1990).

Outro fator que pode alterar a proporção de utilização de substratos é a flutuação da intensidade durante a atividade. Christmass *et al.* (1999) observaram que há um aumento mais significativo da oxidação de carboidratos, concomitantemente à baixa oxidação de gorduras, durante exercícios intermitentes quando comparados aos exercícios contínuos. Assim como Kang *et al.* (2014) assumiram que flutuações de intensidade afetam o padrão de utilização de substratos durante o exercício de intensidade constante.

Uma limitação importante destas equações é, de acordo com Romijn *et al.* (1993) e Ferrannini (1988), assumir que $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ refletem acuradamente o $\dot{V}O_2$ e

a $\dot{V}CO_2$ nos tecidos. Pois, em exercícios de alta intensidade há a ocorrência de hiperventilação, devido à ativação dos mecanismos de tamponamento, podendo ser superestimada $\dot{V}CO_2$ tecidual. Isso pode acarreta em uma superestimativa da taxa de oxidação de carboidratos, concomitantemente à subestimativa da taxa de oxidação de gorduras (KUO et al., 2005).

3. OBJETIVOS

Serão objetivos do presente estudo:

Objetivo Geral: Quantificar a demanda energética durante a prática das principais técnicas do *Kendō* e desenvolver um protocolo com técnicas do *Kendō* para a avaliação da aptidão aeróbia por um teste progressivo máximo.

Objetivos Específicos:

a) Analisar a resposta do $\dot{V}O_2$ pela descrição durante um protocolo de treinamento com técnicas específicas do *Kendō*;

b) Quantificar a demanda energética durante a prática de protocolo experimental utilizando técnicas do *Kendō* pela resposta do $\dot{V}O_2$;

c) Classificar a intensidade do esforço durante a prática de protocolos padronizados de técnicas do *Kendō*, pelo equivalente metabólico da prática;

d) Determinar a quantidade e a taxa de oxidação dos carboidratos e das gorduras durante a prática do protocolo experimental utilizando técnicas do *Kendō*;

e) Comparar os parâmetros máximos da aptidão aeróbia ($\dot{V}O_{2max}$) obtidos por protocolo progressivo padronizado em esteira e por protocolo específico com técnicas do *Kendō*.

4. HIPÓTESES

Esse estudo apresenta, por hipótese nula (h_0), a seguinte prospecção:

O equivalente metabólico pela resposta do $\dot{V}O_2$ durante a prática de protocolos padronizados de técnicas do *Kendō* corrobora a importância da aptidão aeróbia para o rendimento da modalidade e permite a avaliação da resposta oxidativa máxima por meio de exercícios específicos.

Além de h_0 , o presente estudo trabalhará com as seguintes hipóteses:

h_1) A intensidade do esforço, durante a prática contínua de técnicas específicas, classifica o *Kendō* como um exercício com alta demanda metabólica.

h_2) o uso de carboidratos é proporcionalmente maior que o uso das gorduras no processo oxidativo durante a prática do protocolo experimental utilizando técnicas do *Kendō*, confirmando uma elevada ativação glicolítica;

h_3) a demanda energética e o tipo de metabolismo são ativados em magnitude proporcional à quantidade de massa isenta de gordura na constituição corporal dos praticantes de *Kendō*;

h_4) O $\dot{V}O_{2max}$ obtido por teste incremental específico não difere daquele obtido em teste padronizado em esteira.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Participantes

Todos os 10 participantes homens (idade: $29 \pm 7,56$ anos, peso: $82,0 \pm 14,24$ kg, altura: $174,4 \pm 7,5$ cm, e $27,1 \pm 5,48\%$ gordura corporal) eram saudáveis e já praticavam *Kendō* três horas por semana, por pelo menos três anos. Todos receberam informações verbais e escritas sobre o desenho do estudo e deram seu consentimento assinado, de acordo com a declaração de Helsinki para estudos em humanos (WMA). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (processo 016375/2011 FC/UNESP). Os participantes do estudo visitaram o laboratório cinco vezes; para análise no DXA (absorciometria por dupla emissão de raios-x), um teste progressivo máximo em esteira, um protocolo de sessão de treinamento (*waza*) realizado duas vezes, com 24h de intervalo entre eles, e dois testes incrementais específicos para o *Kendō*. Os participantes foram instruídos para evitar substâncias contendo cafeína, álcool e nicotina nas 48h antes dos testes, bem como estar bem hidratados.

5.2. Composição corporal

O método DXA (modelo Hologic[®], QDR Discovery Wi[®]) foi usado para obter a composição corporal total e regional. O software de composição corporal (Hologic APEX[®]) forneceu valores de massa gorda (MG) e massa isenta de gordura (MIG, contendo massa magra e massa óssea), para ambas as pernas e braços, em gramas, que compõem as referências para a composição regional dos membros inferior ((massa gorda (MG-MI), massa isenta de gordura (MIG-MI) e massa total, MT-MI)) e superior (massa gorda (MG-MS), massa isenta de gordura (MIG-MS) e massa total, MT-MS). A composição regional do tronco ((massa gorda (MG-T),

massa isenta de gordura (MIG-T) e massa total, MT-T)) também foi considerada, completando as informações para se obter a composição de corpo ((massa gorda (MG-Corpo), massa isenta de gordura (MIG-Corpo) - que incluiu o conteúdo corporal da massa mineral óssea – e massa total, que forneceu o peso corporal, PC)). O equipamento foi calibrado de acordo com as recomendações do fabricante e todos os procedimentos foram realizados por um técnico de laboratório experiente. Os participantes vestiram roupas leves, e não usaram quaisquer objetos metálicos ou acessórios no corpo. Os sujeitos mantiveram a posição supina (deitada) sobre a mesa até que a varredura fosse concluída. Os pés foram mantidos juntos e os braços dispostos ao longo do lado do tronco. As linhas foram ajustadas pelo mesmo técnico, de acordo com os pontos anatômicos específicos determinados pelo fabricante (HIND *et al.*, 2015).

5.3. Protocolo incremental em esteira

O teste em esteira foi realizado em uma esteira motorizada (ATL 15000 Embramed, Porto Alegre, Brazil) com grau de inclinação de 1%. Após 3 minutos de aquecimento a $6,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, o teste inicia-se com velocidade de $6,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e é adicionado $0,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 60s, até a exaustão voluntária (WASSERMAN *et al.*, 2005).

5.4. Protocolo experimental

Todos os participantes realizaram o protocolo aplicado no estudo de Sancassani & Pessôa Filho (2014). Esse protocolo, sinteticamente, incluiu 11 técnicas na fase de aquecimento (*joge-buri*, *saiu-joge-buri*, *zen-shin-ko-tai-sho-men-uchi*, *sho-men-uchi*, *L-sho-men-uchi*, *san-po-zen-sin-san-po-ko-tai-sho-men-uchi*, *kote-men-do*, *ki-ba-dashi*, *choyaku-suburi*, *ia-men*, *choyaku-kirikaishi*) e 31 na fase

de waza (*kirikaeshi, do-no-kirikaeshi, men-uchi, kote-uchi, kote-men-uchi, kote-do-uchi, do-uchi, tsuki, hiki-men, hiki-kote, hiki-do, men-kaeshi-do, men-kaeshi-men, men-debana-men, men-debana-kote, men-suriage-men, kote-kaeshi-kote, men-nuki-do, kote-nuki-men, kote-uchi-otoshi-men, ai-kote-men, do-uchi-otoshi-men, seme-men, seme-kote, seme-do, uchi-otoshi-men, harai-men, shikake-men, shikake-kote, shikake-do, kakarigeiko*). Durante todo o protocolo, os participantes usaram a vestimenta tradicional (*keiko-gi* e *hakama*) e *bogu* (armadura protetora do *Kendō*, consistindo em *men* (capacete), *kote* (luvas), *do* (peitoral/abdome) e *tare* (cintura/coxas).

5.5. Protocolo incremental específico 1

O protocolo incremental específico 1 é composto por uma sequência de oito técnicas utilizadas durante o aquecimento do *Kendō*, sendo na seguinte ordem: *L-sho-men-uchi, sho-men-uchi, saiu-joge-buri, joge-buri, zen-shin-ko-tai-sho-men-uchi, ia-men, choyaku-suburi, choyaku-kirikaishi*. Essas técnicas foram realizadas na frequência de 60 golpes por minuto e para marcação do ritmo de execução os participantes eram auxiliados por um metrônomo durante todo o teste. O tempo de execução de cada técnica foi de 1-min. O teste era encerrado ao término do último exercício ou quando o participante não conseguia executar as técnicas no ritmo determinado.

5.6. Protocolo incremental específico 2

O protocolo incremental específico 2 é composto por uma sequência de sete técnicas utilizadas durante o aquecimento do *Kendō*, sendo na seguinte ordem: *sho-men-uchi, saiu-joge-buri, joge-buri, zen-shin-ko-tai-sho-men-uchi, ia-men, choyaku-suburi, choyaku-kirikaishi*. Todas as técnicas foram realizadas na frequência de 60

golpes por minuto, sendo a última técnica realizada uma segunda vez na frequência de 90 golpes por minuto e para marcação do ritmo de execução os participantes eram auxiliados por um metrônomo durante todo o teste. O tempo de execução de cada técnica foi de 1-min. O teste era encerrado ao término do último exercício ou quando o participante não conseguia executar as técnicas no ritmo determinado.

5.7. Coleta e análise sanguínea

As coletas de sangue para análise da [Lac⁻] foram realizadas no protocolo incremental em esteira e no protocolo incremental específico. Utilizando-se luvas cirúrgicas, após assepsia local com álcool, foi realizada a punção no lobo da orelha para todos os sujeitos. A punção foi realizada com a utilização de lanceta descartável. Para cada amostra, era passado algodão na superfície desejada para retirada de possíveis gotas de suor, as quais poderiam contaminar as amostras. Volumes de 25µl de sangue arterializado foram retirados e adicionados em tubos de Eppendorff com 50µl de fluoreto de sódio a 1% para posterior análise. Capilares calibrados e heparinizados foram utilizados neste processo. A lactacidemia foi determinada utilizando-se um analisador de lactato, método eletroenzimático, modelo YSI 1500 Sport (Yellow Springs Inc.- USA). Os valores de lactacidemia foram expressos em mmol/L. Foram realizadas cinco coletas por sujeito, a primeira em repouso, após 10-min na posição sentada, em seguida foram coletadas amostras em 1, 3, 5 e 7-min após término dos protocolos (HUGHSON *et al.*, 1985).

5.8. Procedimentos de medições metabólicas

Por meio de testes físicos a troca gasosa pulmonar foi medida respiração-a-respiração. Os participantes respiraram através de uma máscara facial em um medidor de fluxo de baixa resistência (turbina bi-direcional, 28mm, Cosmed, Rome,

Itália), que teve uma margem de fluxo de 0,08-20 l/s, margem de ventilação de 0-300 l/min, precisão ($\text{Fluxo} \times \text{Volume}^{-1}$) de $\pm 2\%$, resistência ao fluxo $< 0,7 \text{ cmH}_2\text{O} \times \text{L}^{-1} \times \text{s}^{-1}$, e 8 ml de resolução. Os gases foram continuamente amostrados por uma linha capilar para analisadores de resposta rápida de gás (K4b², Cosmed, Roma, Itália) e as variáveis de troca gasosa foram calculadas com precisão de $\pm 0,02\%$ para $\dot{V}\text{O}_2$ e $\pm 0,01\%$ para $\dot{V}\text{CO}_2$. Os valores foram exibidos respiração a respiração após a contabilização pelo atraso entre os sinais de volume e concentração. O volume foi calibrado antes de cada teste, utilizando uma seringa de calibração de 3L; e os sensores foram calibrados com gases em mistura padrão atendendo ao intervalo esperado para as concentrações de $\dot{V}\text{O}_2$ e $\dot{V}\text{CO}_2$ expirados. A FC foi registrada a cada 5s usando telemetria de curto alcance (Polar RS 400sd, Kempele, Finlândia).

O $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ foi determinado como o maior valor, em média de 9s, alcançado durante os estágios finais do teste. Para assegurar que fosse alcançada uma potência aeróbia máxima durante os testes, foram observados ao menos dois dos seguintes critérios (POOLE *et al.*, 2008): (1) identificação de um platô na curva entre $\dot{V}\text{O}_2$ – velocidade (isto é, um aumento menor que $100 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$); (2) quociente de permuta respiratória (QR) acima de 1,10; e (3) FC final do teste entre $\pm 10 \text{ b} \times \text{min}^{-1}$ (ou a 95%) da máxima prevista pela idade ($220 - \text{idade}$). O maior valor de FC durante o último estágio do teste progressivo foi considerado o máximo (FC_{max}).

Durante o protocolo de aquecimento e *waza*, a resposta do $\dot{V}\text{O}_2$ respiração-a-respiração foi alinhada ao tempo para cada conjunto de práticas do *Kendō*, e cada curva de resposta foi analisada para exclusão de ruídos (eventos não característicos da resposta de $\dot{V}\text{O}_2$) (ÖZYENER *et al.*, 2001). Os ruídos foram definidos como um desvio maior do que três desvios padrões para a média local (4-5 respirações) (WHIPP; ROSSITER, 2005). Todos os participantes foram instruídos a evitar o “*kiai*”

(grito) durante a prática, para prevenir distúrbios na amostragem dos gases expirados, por ser uma fonte adicional de ruído. Após, os dados de $\dot{V}O_2$ foram interpolados para proporcionar valores a cada segundo para cada uma das execuções do protocolo e, em seguida, foram ponderadas para obtenção de uma resposta única (Carter *et al.*, 2002). Não obstante, a análise das respostas de QR, \dot{V}_E e $\dot{V}CO_2$ durante os protocolos, seguiram os mesmos procedimentos adotados para $\dot{V}O_2$, a partir da eliminação da linha de dados correspondente para o $\dot{V}O_2$ que foi excluída como ruído.

5.9 Critérios de determinação dos limiares

O método de determinação dos limiares utilizado foi o método visual. Nesse método, pontos de $\dot{V}_E \times \dot{V}CO_2^{-1}$, $\dot{V}_E \times \dot{V}O_2^{-1}$, pressão de CO_2 ($P_{ET}CO_2$), pressão de O_2 ($P_{ET}O_2$) e QR vs. o tempo foram examinados, e o ponto de LPG foi localizado visualmente utilizando os seguintes critérios para a transição: 1) A curva $\dot{V}_E \times \dot{V}O_2^{-1}$, inicialmente plana ou em declínio, começa a subir enquanto a curva de $\dot{V}_E \times \dot{V}CO_2^{-1}$ mantém-se constante ou decai. 2) A curva da taxa de trabalho de $P_{ET}CO_2$ mantém-se constante ou sobe levemente, enquanto a curva da taxa de trabalho de $P_{ET}O_2$, que vinha mantendo-se plana ou em declínio, começa a subir. 3) A curva da taxa de trabalho de QR, que mantinha-se plana ou subia levemente, muda-se para uma inclinação mais positiva. Para PCR, o ponto é localizado visualmente por meio da concomitância e aumento sustentado dos parâmetros de $\dot{V}_E \times \dot{V}CO_2^{-1}$ e $\dot{V}_E \times \dot{V}O_2^{-1}$, concomitantemente com o declínio de $P_{ET}CO_2$ (BINDER *et al.*, 2008). Para efeitos de comparação, os dados de troca gasosa foram analisados por um quadro de dois colaboradores experientes.

5.10. Cálculos energéticos

O gasto energético aeróbio (\dot{E}_{aer}) foi estimado em quilocalorias (kcal) pela aplicação da equação 1 (WEIR, 1949) para cada minuto do conjunto de dados de $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ interpolados segundo-a-segundo, durante o protocolo de aquecimento e waza. A equação de Weir para o \dot{E} (expressada como $\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$) foi:

$$\dot{E} = 3,941 \times \dot{V}O_2 + 1,106 \times \dot{V}CO_2 \quad (1)$$

O maior valor entre as médias de todos os minutos de \dot{E} durante a fase de aquecimento e waza foi considerado como $\dot{E}_{\text{PicoAquec}}$ e $\dot{E}_{\text{PicoWaza}}$ ($\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$), respectivamente. A média de \dot{E} do primeiro para o último minuto de cada fase foi considerado o $\dot{E}_{\text{MédioAquec}}$ e $\dot{E}_{\text{MédioWaza}}$ ($\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$), respectivamente. A soma de cada \dot{E} nos minutos em cada fase foi considerada a $\dot{E}_{\text{TotalAquec}}$, $\dot{E}_{\text{TotalWaza}}$ e $\dot{E}_{\text{TotalProt}}$ (em kcal). Os valores de \dot{E} foram transformados em múltiplos de unidade de MET, normalizando-os por hora e para o equivalente energético de 1MET. Este último (1MET) foi determinado individualmente pelo consumo de oxigênio de repouso ($\dot{V}O_{2\text{REP}}$), que foi mensurado na posição sentada por 10-min (BUSSWEILER; HARTMANN, 2012). A partir dos valores de $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ em repouso, determinou-se o custo energético de repouso (\dot{E}_{REP}) aplicando-se a equação de Weir. Uma vez que o trabalho referente à taxa metabólica padrão de repouso é de $4,184 \text{ kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{h}^{-1}$, de acordo com AINSWORTH *et al* (2000), a unidade do equivalente metabólico foi calculada conforme a equação 2:

$$1\text{MET} (\text{kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{h}^{-1}) = [(\dot{E} \times 60) / \text{PC}] \times 4,184 \quad (2)$$

onde \dot{E} é expressado em $\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$ e peso corporal (PC) em kg.

A quantidade (gramas) e taxa (gramas·min⁻¹) de oxidação de carboidratos (CHO) e gorduras (FAT) foi determinada em conformidade com (PÉRONNET; MASSICOTTE, 1991), pelas equações 3 e 4:

$$\text{CHO} = 4,585 \dot{V}\text{CO}_2 - 3,226 \dot{V}\text{O}_2 \quad (3)$$

$$\text{FAT} = 1,695 \dot{V}\text{O}_2 - 1,701 \dot{V}\text{CO}_2 \quad (4)$$

onde $\dot{V}\text{O}_2$ e $\dot{V}\text{CO}_2$ são expressados em L·min⁻¹.

5.11. Tratamento estatístico

Análise descritiva envolveu o cálculo da média e desvio-padrão. A distribuição normal foi analisada por Shapiro-Wilk. Coeficiente de Pearson (r) testou a correlação dos parâmetros de composição corporal total e regional com os valores de $\dot{E}_{\text{MédioAquec}}$, $\dot{E}_{\text{MédioWaza}}$, $\dot{E}_{\text{PicoAquec}}$, $\dot{E}_{\text{PicoWaza}}$, $\dot{E}_{\text{TotalAquec}}$, $\dot{E}_{\text{TotalWaza}}$, $\dot{E}_{\text{TotalProt}}$, METs e quantidade e taxa de CHO e FAT nas fases de Aquecimento e Waza, bem como ao longo de todo o protocolo. Os valores de $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ obtidos nos testes progressivos em esteira e específico foram comparados, quanto às diferenças, pelo teste-t de Student para dados independentes. O coeficiente de variância explicativa (r^2) e o erro padrão da estimativa (EPE) entre os valores de $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ foi averiguado por regressão linear; e a concordância entre eles por Bland-Altman. O nível de significância estatística usado foi de $p < 0.01$. Os dados foram analisados usando o software SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

6. RESULTADOS

Os valores médios para os parâmetros aeróbios (Tabela 1) mostram que os participantes tiveram um desempenho cardiorrespiratório ($\dot{V}O_{2max} = 38,0 \pm 3,2 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) classificado como abaixo da média, quando comparados a grupos da mesma faixa etária. No entanto, os limiares respiratórios para a resposta do $\dot{V}O_2$ no exercício sustentado (LPG: $74,5 \pm 6,2 \% \dot{V}O_{2max}$) e não sustentado (PCR: $91,4 \pm 1,9 \% \dot{V}O_{2max}$) foram elevadas, além de o lactato sanguíneo estar na faixa daqueles relatados para grupos de pessoas com condicionamento cardiorrespiratório médio (LPG: 65-75 $\% \dot{V}O_{2max}$; PCR: 80-90 $\% \dot{V}O_{2max}$).

Tabela 1: Parâmetros do teste incremental padronizado nos praticantes de *Kendō*.

	Média \pm DP
$\dot{V}O_{2max}$ ($\text{ml} \times \text{min}^{-1}$)	3163,6 \pm 521,7
$\dot{V}O_2$ em LPG ($\text{ml} \times \text{min}^{-1}$)	2335,1 \pm 279,7
$\dot{V}O_2$ em PCR ($\text{ml} \times \text{min}^{-1}$)	2889,6 \pm 474,1
QR _{max}	1,24 \pm 0,13
\dot{V}_{Emax} ($\text{l} \times \text{min}^{-1}$)	118,6 \pm 18,9
FC _{max} (bpm)	185,8 \pm 14,5

Custo energético aeróbio médio, pico e total durante a fase de aquecimento e *waza* da prática do *Kendō* é mostrada na Tabela 2. Na Figura 1 pode ser visto que a fase de aquecimento representou uma demanda energética equivalente a uma atividade tipicamente progressiva, a qual continua a aumentar até os primeiros momentos da fase de *waza*, depois há uma queda e exibe uma relativa estabilidade ao longo do período restante do teste. Os valores médios de para o aquecimento e *waza* foram $5,5 \pm 1,1 \text{ kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{h}^{-1}$ e $7,3 \pm 1,7 \text{ kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{h}^{-1}$, respectivamente; e os

valores de pico para aquecimento e *waza* foram $7,5 \pm 1,4 \text{ kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{h}^{-1}$ e $8,0 \pm 1,9 \text{ kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{h}^{-1}$, respectivamente.

Tabela 2: Consumo de energia aeróbia (kcal) da sessão de treinamento do *Kendō*: aquecimento e *waza*.

	$\dot{E}_{\text{Médio}}$ ($\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$)	\dot{E}_{Pico} ($\text{kcal} \times \text{min}^{-1}$)	\dot{E}_{Total} (kcal)
Aquecimento	$9,7 \pm 1,6$	$13,5 \pm 2,7$	$76,2 \pm 13,2$
<i>Waza</i>	$13,1 \pm 2,8$	$14,3 \pm 2,9$	$142,3 \pm 26,5$

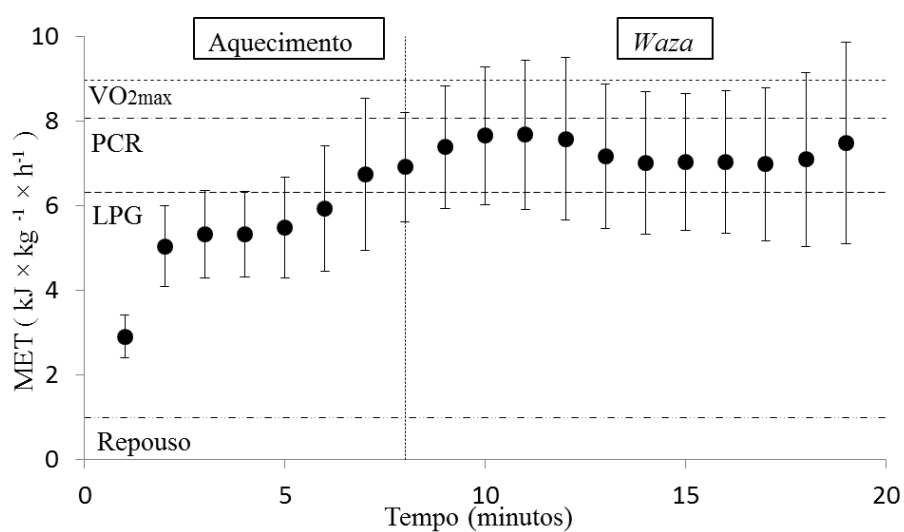


Figura 1: Pontos preenchidos (●) indicam o consumo total de energia aeróbia durante os exercícios do aquecimento e *waza*, referidos como equivalentes metabólicos. Linhas longas-tracejadas horizontais indicam, a partir da porção inferior do gráfico, os valores de MET em repouso, LPG, PCR e $\dot{V}O_{2\text{max}}$, respectivamente; linhas verticais tracejadas indicam a transição entre aquecimento e *waza*. Os valores de MET para LPG, PCR e $\dot{V}O_{2\text{max}}$, respectivamente: 6,3, 8,1 e 9,0.

As quantidades de CHO e FAT utilizadas durante a prática do aquecimento ($21,5 \pm 7,4$ gramas e $2,0 \pm 1,1$ gramas), *waza* ($52,0 \pm 6,4$ gramas e $0,1 \pm 0,2$ gramas) e durante todo o protocolo ($73,5 \pm 10,8$ gramas e $2,1 \pm 1,2$ gramas) confirmam uma elevada demanda sobre o metabolismo glicolítico, o que também pode ser confirmando pela taxa de ativação de cada metabolismo ao longo cada fase do protocolo (Figura 2A e B).

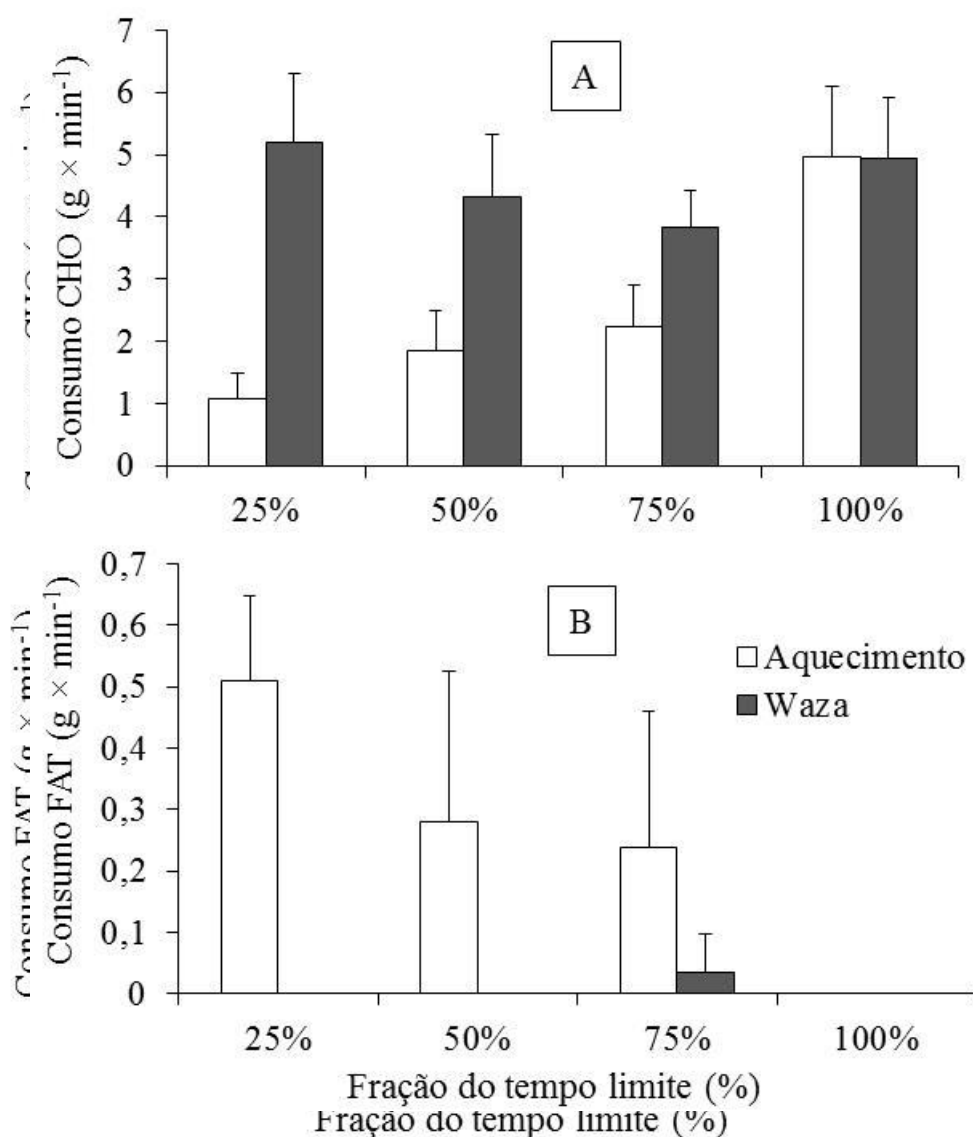


Figura 2: Taxa de participação dos metabolismos de carboidratos (CHO) (A) e gorduras (FAT) (B) normalizados pelo tempo de execução do protocolo experimental

A composição corporal regional e total dos praticantes de *Kendō* é mostrada na Tabela 3, mostrando valores médios e desvio padrão para as variáveis MIG, MT e porcentagem de gordura corporal (%GC).

Tabela 3: Composição corporal regional e total dos praticantes de *Kendō*.

	MIG (kg)	MT (kg)	%GC	Área (cm ²)
Tronco	27,3 ± 4,7	38,4 ± 7,7	28,1 ± 6,7	-----
Perna _E	10,0 ± 2,1	13,9 ± 2,8	27,6 ± 5,0	407,6 ± 46,6
Perna _D	10,0 ± 2,0	13,9 ± 2,9	27,1 ± 4,4	385,5 ± 46,6
Braço _E	3,2 ± 0,6	4,3 ± 0,7	25,4 ± 7,2	219,3 ± 21,5
Braço _D	3,6 ± 0,6	4,7 ± 0,7	24,3 ± 6,3	224,1 ± 19,2
Corporal	63,3 ± 14,2	80,5 ± 14,3	27,1 ± 5,5	2233,0 ± 230,0

MIG: massa isenta de gordura; MT: massa total (MIG + MG); %GC: porcentagem de gordura corporal.

A \dot{E}_{Total} durante o aquecimento ($\dot{E}_{TotalAquec}$, em kcal) da prática do *Kendō* apresentou correlações com parâmetros regionais de MIG, MT e área (Tabela 4). Por outro lado, a Tabela 4 também revela que a \dot{E}_{Total} durante a prática do *Waza* ($\dot{E}_{TotalWaza}$, em kcal) não se relacionou com parâmetros regionais e corporal de MIG, MT e área, com exceção à MIG braço esquerdo. Ainda na Tabela 4, ao observar o custo médio e pico durante o aquecimento ($\dot{E}_{PicoAquec}$ e $\dot{E}_{MédioAquec}$, em kcal \times min⁻¹) e *waza* ($\dot{E}_{PicoWaza}$ e $\dot{E}_{MédioWaza}$, em kcal \times min⁻¹), as correlações com os parâmetros regionais e corporal de MT mostram-se mais influentes que os parâmetros de área e MIG. Todavia, o custo total do protocolo ($\dot{E}_{TotalProt}$, em kcal) sofre influência dos parâmetros de área e MIG, mas não dos parâmetros de MT. Sobre a taxa de

oxidação de CHO, todos os parâmetros corporais e regionais para área e MT mostraram-se influentes durante a prática do *waza*. Enquanto os parâmetros de MIG também apresentam influência, com exceção à MIG corporal e de braço direito. Já a taxa de oxidação dos CHO durante o aquecimento, ou o uso total de CHO tanto no aquecimento quanto no *waza*, não apresentaram qualquer correlação com os parâmetros da composição regional e corporal (Tabela 4).

Todos os índices de condicionamento aeróbio tiveram forte correlação com $\dot{E}_{\text{Médio}}$ e \dot{E}_{Pico} para a fase de aquecimento (Tabela 5). \dot{E}_{Total} foi relacionado apenas com os parâmetros superiores da demanda aeróbia ($\dot{V}O_{2\text{max}}$ e PCR, Tabela 5), enquanto $\dot{E}_{\text{TotalWaza}}$ foi relacionado à demanda aeróbia moderada (LPG, Tabela 5).

Tabela 4: Correlações entre composição corporal total e regional com consumo de energia aeróbia durante as sessões de *Kendō*.

		$\dot{E}_{TotalAquec}$ (kcal)	$\dot{E}_{PicoAquec}$ (kcal \times min ⁻¹)	$\dot{E}_{TotalWaza}$ (kcal)	$\dot{E}_{PicoWaza}$ (kcal \times min ⁻¹)	$\dot{E}_{TotalProt}$ (kcal)	$\dot{E}_{MédioAquec}$ (kcal \times min ⁻¹)	$\dot{E}_{MédioWaza}$ (kcal \times min ⁻¹)	Taxa_CHO _{Waza} (g \times min ⁻¹)
MIG (kg)	Tronco	0,770**	0,842**	----	0,835**	0,684*	0,868**	0,833**	0,843**
	Perna _E	0,857**	0,788**	----	0,628*	0,694*	0,970**	----	0,732*
	Perna _D	0,857**	0,815**	----	0,630*	0,674*	0,977**	----	0,738*
	Braço _E	0,647*	----	0,671*	0,712*	0,755*	0,784**	0,702*	0,683*
	Braço _D	----	----	----	----	0,680*	0,785	----	----
	Corporal	----	----	----	----	----	----	----	----
MT (kg)	Tronco	0,655*	0,874**	----	0,736*	----	0,771*	0,744*	0,786**
	Perna _E	0,817**	0,887**	----	0,671*	----	0,940**	0,654*	0,736*
	Perna _D	0,824**	0,884**	----	0,666*	----	0,937**	0,655*	0,743*
	Braço _E	0,645*	0,812**	----	0,804**	----	0,823**	0,811**	0,809*
	Braço _D	----	0,733*	----	0,699*	----	0,848**	0,662*	0,643*
	Corporal	0,747*	0,919**	----	0,748*	----	0,888**	0,744*	0,798*
Área (cm ²)	Perna _E	0,849**	0,846**	----	0,760*	0,733*	0,890**	0,766**	0,835**
	Perna _D	0,880**	0,899**	----	0,728*	0,677*	0,926**	0,727*	0,795**
	Braço _E	----	----	----	----	----	----	----	0,743**
	Braço _D	0,807**	0,719*	----	0,638*	0,702*	0,730*	0,674*	0,847**
	Corporal	0,864**	0,890**	----	0,776**	0,698*	0,896**	0,793**	0,857**

Nível de significância para a correlação de Pearson em **p ≤ 0,01 e *p ≤ 0,05.

Tabela 5: Correlações entre o condicionamento aeróbio e o consume de energia aeróbia durante sessões de *Kendō*.

	$\dot{V}O_{2max}$	LPG	PCR
$\dot{E}_{PicoAquec}$ (kcal)	0,821**	0,831**	0,797*
$\dot{E}_{TotalAquec}$ (kcal)	0,911**	0,775*	0,901**
$\dot{E}_{TotalProt}$ (kcal)	0,685*	----	0,667*
$\dot{E}_{MédioWaza}$ (kcal)	----	0,733*	----

Nível de significância pela correlação de Pearson para ** $p \leq 0.01$ e * $p \leq 0.05$. $\dot{V}O_{2max}$: consumo máximo de oxigênio; LPG: limiar de permuta gasosa; PCR: ponto de compensação respiratório.

Quanto a comparação entre o teste incremental (padronizado em esteira) e os testes específicos 1 e 2 (com técnicas do *Kendō*) foram observadas similaridades no perfil de resposta das variáveis $P_{ET}O_2$, $P_{ET}CO_2$, $\dot{V}_E \times \dot{V}O_2^{-1}$, $\dot{V}_E \times \dot{V}CO_2^{-1}$ e QR (Figura 3). Contudo, as variáveis \dot{V}_E e $\dot{V}O_2$ apresentam perfis de respostas diferentes no protocolo incremental (Figura 3). Os valores de $\dot{V}O_{2max}$ alcançaram $3309,0 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$, $3406,3 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$ e $4192,0 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$, no protocolo em esteira (A), no protocolo específico 1 (B) e no protocolo específico 2 (C), respectivamente (Tabela 6). Quanto à \dot{V}_E , QR, FC e [lac], os valores máximos alcançados também se apresentaram diferentes (Tabela 6).

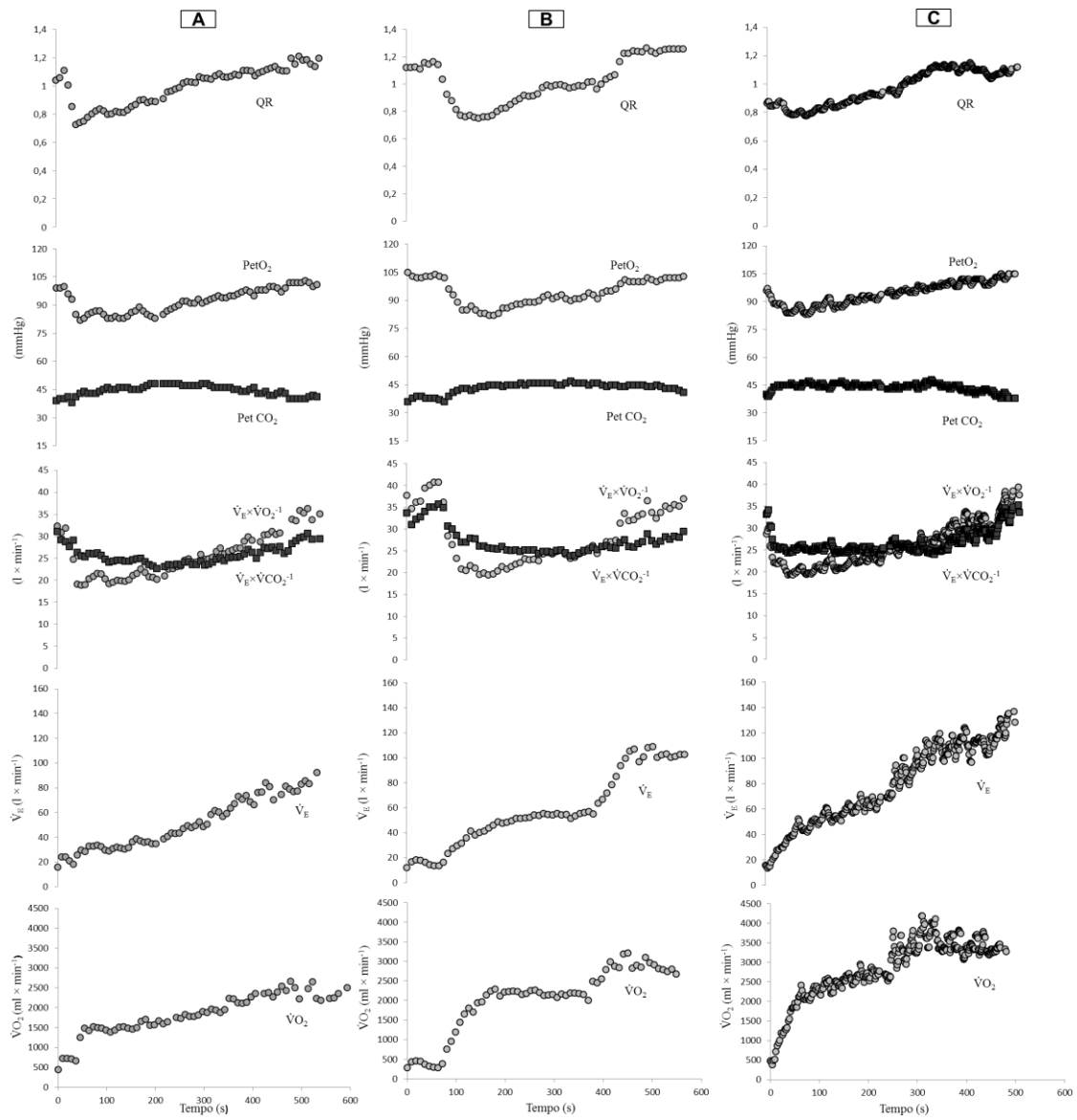


Figura 3: Comparação do desempenho aeróbio entre Teste Incremental em Esteira (A), Teste Incremental Específico 1 (B) Teste Incremental Específico 2 (C).

Tabela 6: Comparação dos parâmetros máximos entre teste incremental padronizado (esteira) e teste incremental específico 1 e 2

	Incremental padrão	Incremental específico 1	Incremental específico 2
$\dot{V}O_{2\max}$ (ml \times min $^{-1}$)	2660,8	3215,9	4192,0
$\dot{V}_{E\max}$ (l \times min $^{-1}$)	85,6	109,0	137,2
QR $_{\max}$	1,2	1,26	1,15
[Lac $^{-}$] (mmol \times L $^{-1}$)	9,5	8,0	7,54
FC $_{\max}$ (bpm)	185	190	199

7. DISCUSSÃO

Esse estudo quantificou e analisou a demanda energética aeróbia durante a prática do *Kendō* postulando que essa demanda é influenciada pela composição regional e corporal. Os resultados demonstraram que a organização da prática do *Kendō* pode incluir técnicas com intensidade e demanda oxidativa progressiva, e técnicas com demanda oxidativa com pequenas variações ao longo de sua execução. Assim, o protocolo de aquecimento exibiu um conjunto de técnicas que exigiram um aumento contínuo da ativação metabólica oxidativa até o nível reconhecido como um exercício de alta intensidade. Subsequentemente, as técnicas de *waza* mantiveram o metabolismo oxidativo sob demanda elevada, mas relativamente estável. Essas observações corroboram com investigações no *Kendō* e em outras artes marciais, como o *Karate-do* e o *Muay-Thai*, que sugeriram requerimentos energéticos similares ao indicar o predomínio da demanda oxidativa nestas modalidades de arte marcial (SANCASSANI; PESSÔA FILHO, 2014; CAMPOS *et al.*, 2012; CRISAFULLI *et al.*, 2009; BENEKE *et al.*, 2004).

Outra informação relevante é que os parâmetros máximo e submáximo da aptidão aeróbia ($\dot{V}O_{2max}$, PCR e LPG) exerceram influência sobre o custo energético de ambos os protocolos (aquecimento e *waza*) de prática do *Kendō*. Essa influência significa que o aumento da intensidade do esforço e a tolerância durante a prática do *Kendō* têm o aporte metabólico diretamente associado à magnitude dos parâmetros da aptidão aeróbia. Por outro lado, essa associação também permite a interpretação de que o nível de aptidão aeróbia pode ser determinado de forma específica, aplicando-se esse mesmo conjunto de técnicas empregadas nos protocolos de aquecimento e *waza*. Essa perspectiva de avaliação é reforçada pela constatação de que a demanda

energética no *Kendō* correlaciona-se com a quantidade de massa isenta de gordura e massa total dos segmentos corporais ativos.

Ao revisar a literatura, observou-se que há apenas um estudo sobre o custo energético durante a prática do *Kendō*. Neste estudo, Schmidt *et al.*, (1985) reportaram valores médios de $\sim 15.6 \pm 3.1 \text{ kcal} \times \text{min}^{-1}$ para o custo energético aeróbio de combates com duração de cinco minutos, em atletas masculinos. No presente estudo, o custo energético aeróbio médio durante o aquecimento e *waza* (ver Tabela 1) foi inferior ao relatado por Schmidt *et al.* (1985), porém o pico do custo energético destas práticas (ver Tabela 1) apresentaram valores muito próximos. Estas pequenas diferenças podem ser atribuídas às características da organização do aquecimento e do *waza*, quando comparados ao combate analisado por Schmidt *et al.* (1985), bem como ao perfil dos voluntários neste estudo, cuja aptidão aeróbia ($\dot{V}O_{2\text{max}}$: $\sim 51.0 \pm 2.7 \text{ ml} \times \text{min}^{-1} \times \text{kg}^{-1}$) e composição corporal (gordura relativa: $\sim 14.4 \pm 4.7\%$) definem um melhor condicionamento físico.

Contudo, o gasto energético relatado em outras artes marciais (Crisafulli *et al.*, 2009; Campos *et al.*, 2012; Beneke *et al.*, 2004; Doria *et al.*, 2009) é similar ao observado no presente estudo. Por exemplo, em simulações de combate no Muay Thai, o custo energético foi equivalente a $14 \text{ kcal} \times \text{min}^{-1}$ (Crisafulli *et al.*, 2009). Em simulações de luta no *Tae-kwon-do*, com atletas de nível nacional e internacional, Campos *et al.* (2012) reportaram um custo energético de $\sim 28.8 \text{ kcal}$ ($120 \pm 22 \text{ kJ}$ em média para três “*rounds*” de 2 minutos cada) para a participação aeróbia, que equivaleu à 66.6% do custo total energético. No *Karate-do*, Beneke *et al.* (2004) e Doria *et al.* (2009) descreveram a participação aeróbia em $\sim 62.7 \text{ kcal}$ ($258.8 \pm 49.8 \text{ kJ}$) e $\sim 53.9 \text{ kcal}$ ($225.5 \pm 20.4 \text{ kJ}$), respectivamente para lutas de quatro minutos,

envolvendo os atletas masculinos de cada estudo. Estes autores reportaram que esse suprimento de energia oxidativa equivaleu a 70 - 80% do custo energético total. Apesar do *Karate-do*, *Kendō* e *Tae-kwon-do* apresentarem gestos de ataque e defesa diferentes, há semelhanças quanto ao tipo de movimento e intensidade de execução (balístico e alta potência). No *Kendō* essas ações são acompanhadas do controle de uma espada de bambu (*shinai*) (SANCASSANI; PESSÔA FILHO, 2014), demandando em média ~ 13 kcal \times min⁻¹ de custo energético oxidativo na prática de *waza*, de acordo com o protocolo organizado no presente estudo. Estes valores são semelhantes aos encontrados por Doria *et al.* (2009) e Campos *et al.* (2012), mas $\sim 16,0\%$ inferior ao custo energético observado por Beneke *et al.* (2004). As diferenças parecem estar relacionadas ao controle da intensidade e execução da técnica, que por sua vez depende do tipo de protocolo a ser executado (*kata* ou *kumite*) e do nível de formação técnica (ex.: experiência) dos atletas (BENEKE *et al.*, 2004; DORIA *et al.*, 2009; CAMPOS *et al.*, 2012). Contudo, uma informação relevante do presente estudo é a associação da massa corporal e da massa isenta de gordura com o custo energético aeróbio da prática do *Kendō*, o que já vêm sendo descrito para diferentes tipos de atividades físicas (LEIBEL *et al.*, 1995; VAN der WALT; WHYNDHAM, 1973). Apesar de não haver estudos relacionando o custo energético em lutas com a composição corporal de lutadores, o fato da massa isenta de gordura ser um importante determinante do custo energético aeróbio no *Kendō* corrobora o pressuposto da influência de uma maior quantidade de massa metabolicamente ativa sobre a produção energética total da atividade (STIEGLER; CUNLIFFE, 2006). De acordo com Beneke *et al.* (2004) e Campos *et al.* (2012), a demanda metabólica (aeróbia e anaeróbia), especificamente nas artes marciais pelo padrão intervalado de execução, relaciona-se com o aumento da intensidade de ações por minuto,

destacando a capacidade de ativação do metabolismo aláctico e do mecanismos oxidativo compensatório (ex.: débito de O₂).

Quanto à intensidade do esforço, pelos equivalentes metabólicos, o *Compendium de Atividades Físicas* (AINSWORTH *et al.*, 2000) classifica a prática de artes marciais, incluindo *Judō*, *Karate-do* e Kick Boxing, com demanda de ~10 METs. Dessa forma, as artes marciais são consideradas exercícios vigorosos, que demandam um suprimento de energia anaeróbia significativa. De fato, a contribuição anaeróbia nas artes marciais é estimada em ~20% (GHOSH *et al.*, 1995; BENEKE *et al.*, 2004; CAMPOS *et al.*, 2012) do total de energia demandada. Os presentes valores de equivalente metabólico durante o aquecimento e *waza* foram ~20 - 25% inferiores ao valor descrito no *Compendium*. Assim, o fato de não estimar a contribuição anaeróbia poderia explicar esta diferença, apesar da contribuição relativa dos diferentes metabolismos para prática do *Kendō* ainda não terem sido descritas. Essa é, portanto, uma limitação do presente estudo, uma vez que a contribuição anaeróbia para o custo energético no *Kendō* é evidente pela ativação metabólica da atividade (aquecimento e *waza*) relativa à elevação do metabolismo no $\dot{V}O_{2max}$ (ver Figura 1). A execução do aquecimento (11 exercícios, 110 repetições em 8 minutos) e do *waza* (31 exercícios, 140 repetições em 10 minutos) de forma não intermitente elevaram o metabolismo oxidativo a 80.9% e 85.7% dos METs correspondentes ao $\dot{V}O_{2max}$, respectivamente. Ao associar essa localização com aquela apresentada pela ativação metabólica em LPG e PCR (70.5% e 90.3% dos METs no $\dot{V}O_{2max}$, respectivamente), pode-se caracterizar o domínio do exercício no *Kendō* como pesado, o qual por sua vez demanda uma elevada ativação anaeróbia, sem que esta conduza à acidose metabólica (MURGATROYD *et al.*, 2011). A

contribuição anaeróbia pode ser estimada em investigações futuras pela análise do lactato sanguíneo (participação glicolítica anaeróbia) e pela fase rápida de recuperação do $\dot{V}O_2$ (participação aláctica) (DIMENNA; JONES, 2009), empregando esses mesmos protocolos de exercícios do *Kendō*.

Quanto ao desenvolvimento de um protocolo específico para a modalidade, devido ao fato do comportamento da curva de consumo de $\dot{V}O_2$ durante a fase de aquecimento no protocolo experimental ter se mostrado ascendente de forma quase constante, até alcançar valores máximos, comparando-se com o teste incremental em esteira, mostrou-se uma ideia plausível. Em uma comparação entre o protocolo incremental padronizado em esteira e dois protocolos incrementais específicos (1 e 2) utilizando as técnicas do aquecimento do *Kendō*, como mostrado na Figura 2, foi observado o comportamento respiração a respiração das variáveis $\dot{V}O_2$, \dot{V}_E , $\dot{V}_E \times \dot{V}O_2^{-1}$, $\dot{V}_E \times \dot{V}CO_2^{-1}$, $P_{ET}O_2$, $P_{ET}CO_2$ e QR. O comportamento dessas variáveis se mostrou semelhante nos três testes, com exceção do $\dot{V}O_2$ no teste incremental específico 1, onde ocorreu um patamar entre os 200 e 400 segundos. Esse patamar aconteceu devido à semelhança de movimentação das técnicas referentes aquele período, fazendo com que houvesse uma estabilização no consumo de oxigênio. Para superar essa falha o protocolo específico 2 foi desenvolvido, onde uma das técnicas daquele período foi retirada e a última técnica do protocolo (*choyaku-kirikaishi*) foi repetida uma segunda vez, porém com uma intensidade maior. Dessa forma tornando o protocolo mais condizente com uma situação progressiva.

Com relação aos achados referentes ao consumo dos substratos energéticos (carboidratos e gorduras), durante a prática do protocolo experimental, não há valores específicos para uma comparação direta, uma

vez que as estimativas durante a atividade física têm empregado a técnica de marcadores biológicos e/ou realizam o cálculo calórico em atividades físicas, que não são artes marciais, predominantemente, envolvendo esportes de longa duração, como ciclismo e corrida.

Para efeito de comparação tem-se o estudo de Hawley *et al.* (2000) que analisou o efeito da alteração da disponibilidade de substratos no metabolismo durante um exercício intenso. Nesse estudo, os sujeitos foram avaliados em teste de 20 minutos em bicicleta a 80% do $\dot{V}O_{2max}$. Foram encontrados para tal intensidade valores de $354 \pm 10 \mu\text{mol}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para carboidrato e $11,8 \pm 1,6 \mu\text{mol}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para gordura (que para os carboidratos seria equivalente a $0,064 \text{ g}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ de atividade, ou ainda $4,55 \text{ g}\times\text{min}^{-1}$), que são compatíveis aos valores reportados para o *Kendō* e, assim, ratificando a intensidade desta luta como intensa. Coyle *et al.* (1986) também analisando ciclistas, comparando dois grupos à uma intensidade de 71% do $\dot{V}O_{2max}$, com a utilização de carboidrato (ingestão de 130g de glicose, cerca de 20 minutos antes do exercício e 27g a cada 20 minutos durante todo o protocolo, que teve 3 horas de duração) e um grupo placebo (sem ingestão de carboidrato). Os autores concluíram que ambos os grupos utilizaram aproximadamente 440 mmol de carboidrato por peso de massa isenta de gordura, e que entre a segunda (momento da biopsia) e a terceira hora de teste (momento de exaustão), os participantes utilizaram $0,7 \text{ g}\times\text{min}^{-1}$ de glicose. Esse valor está muito aquém dos valores obtidos pelos sujeitos do nosso estudo, os quais durante o aquecimento tiveram uma média de $\sim 2,7 \text{ g}\times\text{min}^{-1}$ e durante o *waza* $\sim 4,7 \text{ g}\times\text{min}^{-1}$. Essa grande diferença de valores pode ser devido ao fato da duração da atividade, já que o protocolo utilizado no presente estudo levou em

média 19 minutos para a sua realização, bem como devido à intensidade de execução do exercício.

Outro estudo com ciclistas, porém com tempo de duração semelhante ao do presente estudo, foi realizado por Kang *et al.* (2014) que analisaram o consumo de carboidrato e gordura em três diferentes grupos. Todos os grupos realizaram um protocolo de 30 minutos em bicicleta, contudo um grupo realizava um trabalho constante a 75W, outro alternava entre 50 e 100W a cada cinco minutos e o último grupo alternava entre 25 e 125W a cada cinco minutos. Os valores encontrados para os grupos foram respectivamente $12,23 \pm 4,91$, $12,06 \pm 4,67$ e $17,68 \pm 4,12$ ($\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) de carboidrato e $4,3 \pm 1,8$, $4,22 \pm 1,48$ e $2,61 \pm 1,49$ ($\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) de gordura. Apesar do tempo de atividade ter sido 10 minutos maior que no presente estudo no *Kendō*, os valores encontrados para a utilização de carboidratos foi inferior, pois a Figura 2 apresenta valores que atingem ~ 30 a ~ 55 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ de consumo médio de carboidratos, respectivamente, durante o aquecimento e *waza*. Novamente, a intensidade do esforço parece ser o fator influente para essa diferença.

Também no ciclismo, Romijn *et al* (1993) e Kuo *et al* (2005) acrescentaram suas pesquisas à literatura. O primeiro grupo de autores comparou um mesmo grupo de cinco ciclistas em três diferentes intensidades, 25 e 65% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (120 minutos de teste) e 85% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (30 minutos de teste). Os valores totais obtidos para glicérol e gordura foram $10,9 \pm 1,0$, $13,6 \pm 1,9$ e $13,4 \pm 0,9$ ($\mu\text{mol} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) e $26,8 \pm 1,5$, $42,8 \pm 3,7$ e $19,6 \pm 4,3$ ($\mu\text{mol} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), respectivamente. Os valores durante o aquecimento e o *waza* demandaram, respectivamente, ~ 168 e ~ 308 $\mu\text{mol} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$. Já Kuo *et al.* (2005) constataram valores relativos de $62,5 \pm 4,5$ e $37,5 \pm 6,1\%$ para o consumo carboidratos e gorduras, respectivamente, a 45% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (90 minutos de

exercício) e $81,9 \pm 4,5$ e $21,6 \pm 2,5\%$, respectivamente, a $65\% \dot{V}O_{2max}$ (60 minutos de exercício). Em média, a participação dos carboidratos estiveram em $\sim 95\%$ durante o aquecimento e em 100% durante o *waza*. Assim, essas comparações sugerem que tanto o aquecimento, quanto o *waza*, são esforços intensos, realizados acima de $85\% \dot{V}O_{2max}$.

8. CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que o *Kendō* é um exercício classificado como severo quanto à ativação e controle do metabolismo oxidativo; e que, por isso, o seu custo energético associa-se aos índices máximos e submáximos da aptidão aeróbia ($\dot{V}O_{2max}$, PCR e LPG). Essa associação também permite especular que os perfis da ativação metabólica durante os protocolos de aquecimento e *waza* caracterizam, respectivamente, exercícios incremental e retangular, portanto com aplicação ao aprimoramento destes mesmos índices. Outra informação importante é que a massa regional isenta de gordura foi influente sobre a magnitude da produção de energia aeróbia, assim associando a intensidade de execução das técnicas do *Kendō* à quantidade de tecido metabolicamente ativo.

9. REFERÊNCIAS

- ACHESON, K.J.; FLATT, J.P.; JCQUIER, E. Glucogen synthesis versus lipogenesis after a 500 gram carbohydrate meal in man. **Metabolism** 31:1234-1240, 1982.
- ACHESON, K.J.; SHUTZ, Y.; BESSARD, T.; et al. Nutritional influences on lipogenesis and thermogenesis after a carbohydrate meal. **Am J Physiol** 246:E62-E70, 1984.
- AINSWORTH, B.E.,; HASKELL, W.L.; WHITT, M.C.; IRWIN, M.L.; SWARTZ, A.M.; STRATH, S.J.; O'BRIEN, W.L.; BASSETT, D.R.; SCHMITZ, K.H.Jr.; EMPLALNCOURT, P.O.; JACOBS, D.R.Jr.; LEON, A.S. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Vol. 32, No. 9, Suppl., pp. S498-S516, 2000.
- AZIZ, A. R.; TAN, B.; THE, K. C. Physiological responses during matches and profile of elite pencak silat exponents. **Journal of Sports Science and Medicine** v.1, pp. 147-155, 2002.
- BEEKLEY, M.D.; ABE, T.; KONDO, M.; MIDORIKAWA, T.; YAMAUCHI, T. Comparison of normalized maximum aerobic capacity and body composition of sumo wrestlers to athletes in combat and other sports. **J Sports Sci Med**, v.5, CSSI, 13-20, 2006.
- BENEKE, R.; BEYER, T.; JACHNER, C.; ERASMUS, J.; HÜTLER, M. Energetics of karate kumite. **Eur J Appl Physiol**, 92: 518–523, 2004.
- BINDER, R. K.; WONISCH, M.; CORRA, U.; COHEN-SOLAL, A.; VANHEES, L.; SANER, H.; SCHMID, J. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil**. 15:726–734, 2008.
- BOGARDUS, C.; THUILLEZ, P.; RAVUSSIN, E.; et al. Effect of muscle glycogen depletion on in vivo insulin action in man. **J Clin Invest** 72:1605-1610, 1983.
- BROOKS, G.A.; DONOVAN, C.M. Effect of endurance training on glucose kinetics during exercise. **Am J Physiol**, 244, E505–E512, 1983.
- BROUWER, E. On simple formulae for calculation the heat expenditure and quantities of carbohydrate and fat oxidized in metabolism of men and animals, from gaseous exchange. (Oxygen and carbonic acid output) and urine-N. **Acta Physiol Pharmacol Neerl** 6: 795-802, 1957.
- BURNLEY, M.; JONES, A.M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **European Journal of Sport Science**. v. 07, n. 2, p. 63-79, 2007.
- BUSSWEILER, J.; HARTMANN, U. Energetics of basic Karate Kata. **Eur J Appl Physiol**, 112:3991–3996, 2012.
- CAMPOS, F.A.D.; BERTUZZI, R.; DOURADO, A.C.; SANTOS, V.G.F.; FRANCHINI, E. Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. **Eur J Appl Physiol**, 112:1221–1228, 2012.

CARTER, H.; PRINGLE, J.S.M; JONES, A.M *et al.* Oxygen uptake kinetics during treadmill running across exercise intensity domains. **Eur J Appl Physiol**, 86: 347-54, 2002.

CARPENTER, T.M. **Tables, factors and formulas**. Carnegie Institution, 303 C; 124, 1948.

CHRISTMASS, M.A.; DAWSON, B.; PASSERETTO, P.; ARTHUR, P.G. A comparison of skeletal muscle oxygenation and fuel use in sustained continuous and intermittent exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol** 80: 423–435, 1999

COGGAN, A.R.; KOHRT, W.M.; SPINA, R.J.; BIER, D.M.; HOLLOSZY, J.O. Endurance training decreases plasma glucose turnover and oxidation during moderate-intensity exercise in men. **J Appl Physiol**, 68, 990–996, 1990.

CROCI, I.; HICKMAN, I.J.; WOOD, R.E.; BORRANI, F.; MACDONALD, G.A.; BYRNE, N.M. Fat oxidation over a range of exercise intensities: fitness versus fatness. **Appl Physiol Nutr Metab** 39: 1352–1359, 2014.

CRISAFULLI, A.; VITELLI, S.; CAPPAL, I.; MILIA, R.; TOCCO, F.; MELIS, F.; CONCU, A. Physiological responses and energy cost during a simulation of a Muay Thai boxing match. **Appl Physiol Nutr Metab**, 34: 143 – 150, 2009.

DAMASK, M.C.; FORSE, R.A.; KINNEY, J.M. Clinical applications of gas exchange measurements. **Clin Anaesthesiol** 3:599-63 1, 1983.

DiMENNA, F.J.; JONES, A.M. “Linear” versus “nonlinear” $\dot{V}O_2$ responses to exercise: reshaping traditional beliefs. **Journal of Exercise Science and Fitness**, Hong Kong, vol. 7, n. 2, p. 67 – 84, 2009.

DORIA, C.; VEICSTEINAS, A.; LIMONTA, E.; MAGGIONI, M.A.; ASCHIERI, P.; EUSEBI, F.; FANO, G.; PIETRANGELO, T. Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. **Eur J Appl Physiol**, 107:603–610, 2009.

DU BOIS, E.F.; LUSK, G. On the constancy of the basal metabolism. 213-213, 1924.

FERRANNINI, E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. **Metabolism**, 37: 287-301, 1988.

FLATT, J.P.; RAVUSSIN, E.; ACHESON, K.J.; *et al.* Effects of dietary fat on postprandial substrate oxidation and on carbohydrate and fat balances. **J Clin Invest** 76:1019-1024, 1985.

FOSS, M.C.; VLACHOKOSTA, F.V.; CUNNINGHAM, L.N.; *et al.* Restoration of glucose homeostatis in insulin-dependent diabetic subjects. An inducible process. **Diabetes** 31:46-52, 1982.

FRAYN, K.N. Calculations of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. **J Appl Physiol**, 55: 628-634, 1983.

GHOSH, A.K., GOSWAMI, A. and AHUJA, A. Heart rate and blood lactate response in amateur competitive boxing. **Indian Journal of Medicine**, 102, 179-183, 1995.

GOLAY, A.; FELBER, J.P.; MEYER, H.U.; et al. Study on lipid metabolism in obesity diabetes. **Metabolism** 33:111 I-11 16, 1984.

GOLLNICK, P.D.; SALTIN, B. **Fuel for muscular exercise: role of fat. In Exercise, Nutrition and Energy Metabolism** (ed. E. S. Horton and R. L. Terjung), pp. 72–87. New York: Macmillan, 1988.

HAWLEY, J.A.; BURKE, L.M.; ANGUS, D.J.; FALLON, K.E.; MARTIN, D.T.; FEBBRAIO, M.A. Effect of altering substrate availability on metabolism and performance during intense exercise. **British Journal of Nutrition**, 84, 829-838, 2000.

HERMANSEN, L.; HULTMAN, E.; SALTIN, B. Muscle glycogen during prolonged severe exercise. **Acta Physiol Scand**, 71, 129–139, 1967.

HIND, K.; GANNON, L.; BRIGHTMORE, A.; BECK, B. Insights into relationships between body mass, composition and bone: findings in elite rugby players. **J Clin Densitom**, 18(2):172-8, Apr-Jun, 2015.

HOPPELER, H., LÜTHI, P.; CLAASSEN, H.; WEIBEL, E.R.; HOWALD, H. The ultrastructure of the normal human skeletal muscle: a morphometric analysis on untrained men, women and well trained orienteers. **Pflügers Arch.** 44, 87–111, 1973.

HUGHSON, R.L.; WEISIGER, K.H.; SWANSON, G.D. Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise. **J Appl Physiol**, 62(5):1975-81, May, 1985.

HURLEY, B.F.; HAGBERG, J.M.; ALLEN, W.K.; SEALS, D.R.; YOUNG, J.C.; CUDDIHEE, R.W.; HOLLOSZY, J.O. Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise. **J Appl Physiol**, 56, 1260–1264, 1984.

HURLEY, B.F.; NEMETH, P.M.; MARTIN III, W.H.; HAGBERG, J.M.; DALSKY, G.P.; HOLLOSZY, J.O. Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training. **J Appl Physiol**, 60, 562–567, 1986.

IIDE K.; IMAMURA H.; YOSHIMURA Y.; YAMASHITA A.; MIYAHARA K.; MIYAMOTO N.; MORIWAKI C. Physiological responses of simulated karate sparring matches in young men and boys. **J Strength Cond Res**, 22(3):839-44, May, 2008.

JONES, A.M.; GRASSI, B.; CHRISTENSEN, P.M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J.; POOLE, D.C. Slow component of VO₂ kinetics: mechanistic bases and practical applications. **Med Sci Sports Exerc**, 43(11):2046-62, 2011.

JEUKENDRUP, A.E.; WALLIS, G.A. Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. **Int J Sports Med**, 26: S28-S37, 2005.

KANG, J.; MANGINE, G.T.; RATAMESS, N.A.; FAIGENBAUM, A.D.; HOFFMAN, J.R. Acute effect of intensity fluctuation on energy output and substrate utilization. **J Strength Cond Res** 28(8): 2136– 2144, 2014

KHANNA, Gulshan Lal; MANNA, Indranil. Study of physiological profile of indian boxers. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.5, pp.90-98, 2006.

- KROGH, A.; LINDHARD, J. The relative value of fat and carbohydrate as sources of muscular energy. **Biochem J**, 14, 290–363, 1920.
- KUO, C.C.; FATTOR, J.A.; HENDERSON, G.C.; BROOKS, G.A. Lipid oxidation in fit young adults during postexercise recovery. **J Appl Physiol** (1985) 99: 349–356, 2005.
- LEIBEL, R.L.; ROSENBAUM, M.; HIRSCH, J. 1995. Changes in energy expenditure resulting from altered body weight. **N Engl J Med** no. 332 (10):621-8.
- LUSK, G. Animal calorimetry. Analysis of the oxidation of mixtures of carbohydrate and fat. **J Biol Chem**, 59: 41-42, 1924.
- MURGATROYD, S.R.; FERGUSON, C.; WARD, S.A.; WHIPP, B.J.; ROSSITER, H.B. Pulmonary O₂ uptake kinetics as a determinant of high-intensity exercise tolerance in humans. **J Appl Physiol** 110 (6):1598-606, 1985.
- NUNAN, David. Development of a sports specific aerobic capacity test for karate – a pilot study. **Journal of Sports Science and Medicine**, 5, CSSI, pp. 47-53, 2006.
- ÖZYENER, F.; ROSSITER, H.B.; WARD, S.A. *et al.* Influence of exercise intensity on the on- and off-transients kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **J Physiol**, 533: 891-902, 2001.
- PAHUD, P.; RAVUSSIN, E.; JAQUIER E. Energy expended during oxygen deficit period of submaximal exercise in man. **J Appl Physiol** 48:770-775, 1980.
- PÉRONNET F.; MASSICOTTE, D. Table of nonprotein respiratory quotient: An update. **Can J Sport Sci**, 16: 23-29, 1991.
- PITTET, P.; GYGAX, P.H.; JEQUIER, E. Thermic effect of glucose and amino acids in man studied by direct and indirect calorimetry. **Br J. Nutr** 31:343-349, 1974.
- POOLE, D.C.; BARSTOW, T.J.; MCDBNOUGH, P.; JONES, A.M. Control of oxygen uptake during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, 40 (3):462-74, 2008.
- ROBERTS, T.J.; WEBER, J.M.; HOPPELER, H.; WEIBEL, E.R.; TAYLOR, R.C. Design of the oxygen and substrate pathways: II. Defining the upper limits of carbohydrate and fat oxidation. **The Journal of Experimental Biology** 199, 1651–1658, 1996.
- RODRIGUES, R. Fazer Kendo e pensar a educação do corpo. **Motriz**, Rio Claro, v.15 n.3 p.648-656, jul./set. 2009.
- ROMIJN, J.A.; COYLE, E.F.; SIDOSSIS, L.S.; GASTALDELLI, A.; HOROWITZ, J.F.; ENDERT, E.; WOLFE, R.R. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. **Am J Physiol** 265: E380–391, 1993.
- SANCASSANI A.; PESSÔA FILHO D.M. Exercise domain profile through pulmonary gas exchange response during kendo practice by men. **Arch Budo**, 10: 47-55, 2014.

SASAMORI, J. **This is Kendo**. Japan: Charles E. Tuttle. pp. 71–76, 1964.

SCHMIDT, R.J.; HOUSH, T.J.; HUGHES, R.A. Metabolic response to Kendo. **J Sports Med**, 25: 202-206, 1985.

SEGAL, K.R.; GUTIN, B.; NYMAN, A.M.; et al. Thermic effect of food at rest, during exercise, and after exercise in lean and obese men of similar body weight. **J Clin Invest** 76: 1107- 1112, 1985.

SMITH, M.S. Physiological profile of senior and junior England international amateur boxers. **J Sports Sci Med**, v.5, CSSI, 74-89, 2006.

STIEGLER, P.; CUNLIFFE, A. The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. **Sports Med** 36 (3):239-62, 2006.

VAN DER WALT, W.H.; WYNDHAM, C.H. An equation for prediction of energy expenditure of walking and running. **J Appl Physiol** 34 (5):559-63, 1973.

VAN LOON, L.J.; GREENHAFF, P.L.; CONSTANTIN-TEODOSIU, D.; SARIS, W.H.; WAGENMAKERS, A.J. The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilization in humans. **J Physiol** 536: 295–304, 2001.

The Regulations of Kendo Shiai and Shinpan. Tokyo, Japan: **International Kendo Federation (IKF)**. December. pp. 5-6, 2006.

WASSERMAN, K.; HANSEN, J.E.; SUE, D.Y.; CASABURI, R.; WHIPP, B.J. Principles of Exercise Testing and Interpretation Including Pathophysiology and Clinical Applications. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, p. 76–110, 2005.

WEIR, J. B. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. **J Physiol**, 109: 1-9, 1949.

WHIPP, BJ; ROSSITER, HB. The kinetics of oxygen uptake: physiological inferences from the parameters. (62-94). In JONES, AM; POOLE, DC. (eds) Oxygen uptake kinetics in sports, exercise and medicine. Routledge: Abingdon, 2005.

XU, F.; RHODES, E.C. Oxygen uptake kinetics during exercise. **Sports Med**; 27(5): 313-27, 1999.

World Medical Association (WMA): Declaration of Helsinki. Available from: <http://www.wma.net/e/ethicsunit/helsinki.htm>

YONEZAWA, F. H. Algo se move: um elogio filosófico-ético à prática do combate como arte e educação. **Motriz**, Rio Claro, v.16 n.2 p.348-358, abr./jun. 2010.

ZUNTZ, N. Über die Rolle des Zuckers im tierischen Stoffwechsel. Schöndorff, **Pflüger's Archiv**. 538-542, 1896.

ZUNTZ, N.; SCHUMBUR, N. Studien zu einer Physiologie des Marsches. 1901.

GLOSSÁRIO DE TERMOS JAPONESES

Ai-kote-men: Técnica onde *Motodachi* e *Kakarite* executam simultaneamente um golpe na altura de *kote*, porém *Kakarite* efetua em seguida um golpe na altura do *men*.

Bogu: Armadura.

Choyaku-kirikaishi: Exercício caracterizado por golpes diagonais na altura do *men* sincronizados com saltos para frente e para trás.

Choyaku-suburi: Exercício caracterizado por golpes verticais na altura do *men* sincronizados com saltos para frente e para trás.

Dan: Graduação.

Do (胴): Abdome.

Do (道): Caminho.

Do-no-kirikaeshi: Exercício caracterizado por um golpe vertical na altura do *men*, seguido de *Tsubaseriai*, seguido por quatro golpes diagonais na altura do *do* para frente, seguido de cinco golpes diagonais na altura do *do* para trás, finalizado com um último golpe vertical na altura do *men* e atravessando o adversário com *Suri-ashi*.

Do-uchi: Golpe diagonal na altura da região direita do abdome do adversário.

Do-uchi-otoshi-men: Técnica onde *Motodachi* executa um golpe na altura do *do* e *Kakarite* simultaneamente golpeia verticalmente para baixo a *shinai* do adversário, efetuando em seguida um golpe na altura do *men*.

Hakama: Vestimenta referente à calça.

Harai-men: Técnica onde *Kakarite* executa um golpe horizontal na *shinai* do *Motodachi*, efetuando em seguida um golpe na altura do *men*.

Hiki-do: Técnica executada a partir da posição de *Tsubaseriai*, *Kakarite* efetua um golpe na altura de *do* recuando.

Hiki-kote: Técnica executada a partir da posição de *Tsubaseriai*, *Kakarite* efetua um golpe na altura de *kote* recuando.

Hiki-men: Técnica executada a partir da posição de *Tsubaseriai*, *Kakarite* efetua um golpe na altura de *men* recuando.

Ia-men: Exercício caracterizado por golpes na altura do *men* sincronizados alternância de pernas.

Joge-buri: Exercício caracterizado por movimentos de corte vertical, da altura da cabeça até os joelhos, sincronizado com deslocamento horizontal para frente e para trás.

Kakarigeiko: Exercício onde é realizada uma sequência randômica de golpes ininterruptamente.

Kakarite: Praticante que aplica os golpes.

Kamae: Posição de guarda básica.

Keiko-gi: Vestimenta referente à jaqueta.

Ki-ba-dashi: Exercício caracterizado por golpes na altura do *men* em posição estática com pernas flexionadas 90° (posição sentada no ar).

Ki-Ken-Tai: Energia, posição correta da espada e posição correta do corpo.

Kimono: Vestuário tradicional japonês.

Kirikaeshi: Exercício caracterizado por um golpe vertical na altura do *men*, seguido de *Tsubaseriai*, seguido por quatro golpes diagonais na altura do *men* para frente, seguido de cinco golpes diagonais na altura do *men* para trás, finalizado com um último golpe vertical na altura do *men* e atravessando o adversário com *Suri-ashi*.

Kote: Antebraço.

Kote-do-uchi: Sequência de dois golpes, um *Kote-uchi* e um *Do-uchi*.

Kote-kaeshi-kote: Técnica onde o *Motodachi* executa um golpe na altura do *kote* e *Kakarite* defende com a *shinai*, efetuando em seguida um golpe na altura do *kote*.

Kote-men-do: Exercício caracterizado pela sequência de três golpes seguidos (antebraço, capacete, abdome) sincronizado com deslocamento horizontal para frente e para trás.

Kote-men-uchi: Sequência de dois golpes, um *Kote-uchi* e um *Men-uchi*.

Kote-nuki-men: Técnica onde *Motodachi* executa um golpe na altura do *kote* e *Kakarite* sai da trajetória do golpe, efetuando em seguida um golpe na altura do *men*.

Kote-uchi: Golpe vertical na altura do antebraço direito do adversário.

Kote-uchi-otoshi-men: Técnica onde *Motodachi* executa um golpe na altura do *kote* e *Kakarite* simultaneamente golpeia verticalmente para baixo a *shinai* do adversário, efetuando em seguida um golpe na altura do *men*.

Kumite: Exercício em dupla no Karate-do.

L-sho-men-uchi: Exercício caracterizado por golpes na altura do *men* sincronizados com deslocamento horizontal para frente, seguido de recuo, seguido de deslocamento lateral, seguido de recuo para posição inicial.

Men: Capacete.

Men-debana-kote: Técnica onde *Kakarite* executa um golpe na altura do *kote* antecipando o golpe na altura do *men* do *Motodachi*.

Men-debana-men: Técnica onde *Kakarite* executa um golpe na altura do *men* antecipando o golpe na altura do *men* do *Motodachi*.

Men-kaeshi-do: Técnica onde o *Motodachi* executa um golpe na altura do *men* e *Kakarite* defende com a *shinai*, efetuando em seguida um golpe na altura do *do*.

Men-kaeshi-men: Técnica onde o *Motodachi* executa um golpe na altura do *men* e *Kakarite* defende com a *shinai*, efetuando em seguida um golpe na altura do *men*.

Men-nuki-do: Técnica onde *Motodachi* executa um golpe na altura do *men* e *Kakarite* sai da trajetória do golpe, efetuando em seguida um golpe na altura do *do*.

Men-suriage-men: Técnica onde *Motodachi* executa um golpe na altura do *men* e *Kakarite* utilizando um movimento de meia-lua com a *shinai* desvia a *shinai* de *Motodachi*, efetuando em seguida um golpe na altura de *men*.

Men-uchi: Golpe vertical na altura do topo do capacete do adversário.

Motodachi: Praticante que recebe os golpes.

Saiu-joge-buri: Exercício caracterizado por movimentos de corte diagonal, sincronizado com deslocamento diagonal.

San-po-zen-sin-san-po-ko-tai-sho-men-uchi: Exercício caracterizado por três golpes consecutivos na altura do *men* sincronizados com deslocamento horizontal para frente e para trás.

Seme: Tipo de pressão psicológica. É uma atitude destinada a perturbar o senso de confiança e resolução do adversário, antes de um ataque.

Seme-do: Golpe diagonal na altura da região direita do abdome do adversário, precedido de *seme*.

Seme-kote: Golpe vertical na altura do antebraço direito do adversário, precedido de *seme*.

Seme-men: Golpe vertical na altura do topo do capacete do adversário precedido de *seme*.

Sensei: Professor/Mestre.

Shikake-do: Técnica onde *Kakarite* executa uma finta na altura do *men* e em seguida efetua um golpe na altura do *do*.

Shikake-kote: Técnica onde *Kakarite* executa uma finta na altura do *men* e em seguida efetua um golpe na altura do *kote*.

Shikake-men: Técnica onde *Kakarite* executa uma finta na altura do *kote* e em seguida efetua um golpe na altura do *men*.

Shinai: Espada de bambu.

Sho-men-uchi: Exercício caracterizado por um golpe na altura do *men* avançando seguido por um recuo para a posição inicial.

Suri-ashi: Técnica de deslocamento horizontal, caracterizada por não haver transposição de um pé com relação ao outro.

Tare: Parte da armadura que protege a cintura e coxas.

Tsuba: Porção da *shinai* onde protege as mãos (guarda da espada).

Tsubaseriai: Posição em que os *tsuba* dos dois adversários estão em contato e as *shinai*s na posição vertical.

Tsuki: Garganta.

Tsuki: Golpe de estocada na garganta do adversário.

Uchi-otoshi-men: Técnica onde *Kakarite* executa um golpe verticalmente para baixo na *shinai* do *Motodachi*, efetuando em seguida um golpe na altura do *men*.

Waza: Técnica de combate.

Zanshin: Estado de alerta, tanto físico como mental, contra o contra-ataque do adversário.

Zen-shin-ko-tai: Exercício caracterizado por golpes na altura do *men* sincronizado com deslocamento horizontal para frente e para trás.