UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS

JOSÉ AUGUSTO DE SANT'ANNA FILHO

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA PREDOMINANTE NAS LUTAS DE JUDÔ ATRAVÉS DAS VARIÁVEIS $\dot{V}O_2$ E LACTATO.

BAURU
2022

JOSÉ AUGUSTO DE SANT'ANNA FILHO

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA PREDOMINANTE NAS LUTAS DE JUDÔ ATRAVÉS DAS VARIÁVEIS $\dot{V}O_2$ E LACTATO.

Trabalho de conclusão de curso, apresento como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Educação Física. Curso De Educação Física
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Área de concentração: Saúde
Orientador: Dalton Muller Pessôa Filho

BAURU
2022

S231a

Sant'anna Filho, José Augusto

Análise da contribuição energética predominante nas lutas de judô através das vairiáveis VO2 e lactato / José Augusto Sant'anna Filho. -- Bauru, 2023

81 f. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru

Orientador: Dalton Muller Pessôa Filho

1. Metabolismo energético. 2. Capacidade aeróbia. 3. Capacidade anaeróbia. 4. Judô. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

AGRADECIMENTOS

É com uma gratidão imensurável agradeço primeiramente a Deus a honra de ocupar uma vaga em uma instituição pública tão respeitada como a UNESP. Agradeço também a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a encerrar com chave de ouro esse ciclo tão importante da minha vida. Em especial meus pais e irmã José Augusto, Adriana e Leticia, que não mediram esforços para que eu concretizasse esse sonho. Sempre me apoiaram e respeitaram em minhas escolhas, além de serem minha base e as pessoas que eu mais admiro e me espelho. A minha namorada Ana Júlia, que compartilhou alegrias, aprendizados e apoio mútuo em diversos momentos da graduação, em uma relação harmoniosa e venerável.

Ao meu orientador Dalton que em sua grande sabedoria e humildade dedicou seu tempo e atenção para me proporcionar a fundamentação teórica e todo suporte que me preparasse para esse momento. Assim como meus companheiros do laboratório LABOREH. Ademais agradeço minha República (Pingueiros) que durante 5 anos me acolheu, proporcionou momentos de alegria e companheirismo, onde criei fortes laços de amizade que levarei para minha vida. Obrigado por compartilhar meus sonhos e ajudar a cultivá-los vivos em mim, e que eu jamais deixe de acreditar em meu potencial.

“Nenhuma sociedade que esquece a arte
de questionar ou deixa que esta caia em
desuso pode esperar encontrar respostas
para os problemas que as afligem.”
Zygmunt Bauman

RESUMO

O judô é um esporte olímpico considerado intermitente, devido a constantes interrupções durante as ações de combate, seja para pontuações, punições, entre outros. Consequentemente, torna-se difícil quantificar quais são as respostas fisiológicas durante as ações específicas na modalidade. Os estudos que analisam a quantificação da contribuição energética por meio de lutas simuladas ou lutas de competição são muito escassos na literatura, dificultando um direcionamento na prescrição de treinamento de judocas. Portanto, o objetivo desta revisão foi de identificar as principais demandas energéticas na luta de judô, visando auxiliar os profissionais de educação física na prescrição do treinamento em diferentes períodos e nas variadas características morfo funcionais dos judocas. Foram selecionados quatro artigos entre 2012 e 2022 que investigaram a contribuição energética em lutas simuladas, sessões de treino livre (*randori*) e testes específicos da modalidade, além de outros três artigos selecionados que compuseram a presente revisão narrativa, porém, não atenderam aos critérios iniciais. As bases de dados utilizadas foram Pubmed, SciELO e DOAJ. As hipóteses iniciais eram de que o sistema anaeróbio glicolítico teria contribuição predominante no início do combate, e o sistema aeróbio aumentaria sua contribuição quanto mais longo a luta seria, bem como a duração da competição. Os resultados encontrados confirmam em partes as hipóteses iniciais. Foram relatadas altas contribuições glicolíticas nos estudos analisados, principalmente dos membros superiores. Além de maiores contribuições relativas do sistema ATP-PCr ao longo dos estímulos supra máximos indiretos e a manutenção do sistema oxidativo. Esses sistemas (sistemas ATP-PCr e oxidativo) auxiliam a demanda energética da luta, mesmo com predomínio do sistema glicolítico. Eles promovem a recuperação parcial de ATP, maior taxa/ritmo de metabolização de lactato, manutenção do pH sanguíneo e possibilitar maior número de ataques. Um único resultado não confirmou a hipótese inicial, reportando contribuições significativas do sistema oxidativo desde o primeiro até o último minuto de luta.

Palavras-chave - Judô; Contribuições dos sistemas energéticos; Gasto energético; Respostas fisiológicas.

ABSTRACT

Judo is an Olympic sport considered as intermittent, due to constant interruptions used during combat actions, whether for scores, punishments, among others. Consequently, it becomes difficult to quantify which are the physiological responses to the stimuli of the modality. Since the studies that analyze the quantification of the energetic contribution through simulated fights or competition fights are very scarce in the literature, making it difficult to guide the judokas training prescription. Therefore, the objective of this review was to identify the main energy demands in the judo fight, to help physical education professionals in the training prescription in different periods and in the varied judokas morpho-functional characteristics. Four articles were selected between 2012 and 2022 that investigated the energetic contribution in simulated fights, free training sessions (randori) and specific modality tests, in addition to three other selected articles that made up the present narrative review, however, did not meet the initial criteria.The databases used were Pubmed, SciELO and DOAJ. The initial hypotheses were that the anaerobic system would have a predominant contribution at the beginning of the fight, and the aerobic system would increase its contribution the longer the fight was, as well as the duration of the competition. The results found partially confirm the initial hypotheses. High glycolytic contributions were reported in the analyzed studies, mainly in the upper limbs. In addition to greater contributions of the ATP-PCr system during supramaximal stimuli and the maintenance of the oxidative system. These systems (ATP-PCr and oxidative systems) help the energy demand of the fight, even with the predominance of the glycolytic system. They promote partial ATP recovery, higher lactate metabolism rate/rhythm, maintenance of pH blood and enable a greater number of attacks. A single result did not confirm the initial hypothesis, reporting significant contributions from the oxidative system from the first to the last minute of the fight.

Keywords - Judo; energy system contributions; Energy expenditure; physiological responses.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP = adenosina difosfato;

AGL's = ácidos graxos livres

AMP = adenosina monofosfato;

ATP = adenosina trifosfato;

BPM = batimentos por minuto;

CK = creatina quinase;

CL = componente lento;

CO_2 = dióxido de carbono;

CoA = coenzima A

CP = creatina fosfato;

CTA = capacidade de trabalho anaeróbio;

CTE = cadeia de transporte de elétrons;

EPE = escala de percepção de esforço;

FAD = flavina adenina dinucleotídeo;

FC = frequência cardíaca;

$FC_{máx}$ = frequência cardíaca máxima;

FC_{pico} = frequência cardíaca pico;

FCR= frequência cardíaca de reserva;

IF = índice de fadiga;

GDP = guanosina difosfato;

Kg = quilograma;

kJ = quilojoules;

L = litro;

Lac^- = concentração de lactato sanguíneo;

L_{aer} = limiar aeróbio;

L_{an} = limiar anaeróbio;

LL = limiar de lactato;

LDH = desidrogenase lática;

MFEL = máxima fase estável de lactato;

min = minuto;

mL = Mililitro;

mM = miliMol

MMII = membros inferiores;

MMSS = membros superiores;

Nº = número;

NAD = Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo

O_2 = oxigênio

PAS = pressão arterial sistólica;

PC = potência crítica;

PDH = piruvato desidrogenase;

Pi = íon fosfato;

PCr = fosfocreatina;

PFK = fosfofrutoquinase;

PM = potência média;

PMa = potência média absoluta;

PMr = potência média relativa;

PP = potência pico;

PPa = potência pico absoluta;

PPr = potência pico relativa;

PSE = Percepção Subjetiva de Esforço;

RM = repetição máxima;

RPA = reserva de potência anaeróbia;

SNA = sistema nervoso autônomo;

TT = trabalho total;

$\dot{V}E$ = ventilação minuto;

VFC = variabilidade da frequência cardíaca;

VS = volume sistólico;

Vs = *versus*;

$\dot{V}O_2$ = consumo de oxigênio;

$\dot{V}O_{2máx}$ = consumo de oxigênio máximo;

$\dot{V}O_{2pico}$ = consumo de oxigênio pico;

W = watts;

W/Kg = watts por quilograma;

LISTA DE SÍMBOLOS

≅ = aproximadamente igual a;

= igual;

α = alfa;

‘ = minuto;

‘‘ = segundo;

% = por cento;

≤ = maior ou igual que;

< = maior que;

> = menor que;

+ = mais;

- = menos;

± = mais ou menos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **15**

2. REVISÃO DE LITERATURA **17**

2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS $\dot{V}O_2$, LACTATO E FREQUÊNCIA CARDÍACA E QUANTIFICAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA **18**

2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS METABÓLICAS E ENERGÉTICAS **31**

3. HIPÓTESE **36**

4. OBJETIVO **37**

5. MATERIAIS E MÉTODOS **38**

6. RESULTADOS **40**

7. DISCUSSÃO **47**

7.1. CONTRIBUIÇÃO ANAERÓBIA ALÁCTICA E LÁCTICA **48**

7.2. CONTRIBUIÇÃO AERÓBIA **58**

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS **68**

9. REFERÊNCIAS **70**

10. ANEXO **78**

1. INTRODUÇÃO

O judô é um esporte de combate olímpico, disputado por meio de golpes de arremesso, imobilizações e estrangulamentos (FRANCHINI, 2001; JÚLIO *et al*., 2017). O tempo de luta em competições oficiais é de quatro minutos (IJF, 2022) para ambas categorias (masculino e feminino), sendo interrompida essa contagem toda vez que a arbitragem achar necessária, como por exemplo para aplicação de punições (*shidô*), revisões de pontuações, entre outros. Na eventualidade de um empate, a luta se estende indefinidamente (*golden score*), terminando na primeira pontuação (parcial ou máxima - *wazari* e *ippon*, respectivamente, via projeção, estrangulamento, chaves de articulações e imobilizações (DRIGO *et al*., 1996)). Devido a essas constantes interrupções que ocorrem durante as lutas associada à relação esforço-pausa de 30:10 segundos, o judô é considerado um esporte intermitente (FRANCHINI, 2001).

Sendo assim, sua principal característica se deve pela intermitência das ações no combate. Essas características temporais trazem implicações fisiológicas, como a incapacidade de ressintetizar totalmente creatina fosfato (CP) em curtos intervalos de tempo (dez segundos aproximadamente) entre os estímulos intensos provenientes da luta (ataque, defesa, disputa de pegada). Logo, tais características associam-se à ativação primária do metabolismo anaeróbio lático no início do combate em detrimento do metabolismo aeróbio com o transcorrer da luta (MURAMATSU *et al.*, 1994; TABATA *et al.*, 1997), além da utilização da glicólise anaeróbica, sendo o principal substrato energético utilizado (MORALES *et al.,* 2014).

Devido à dificuldade de quantificação das respostas fisiológicas frente aos estímulos da modalidade (inviabilidade durante a luta), mensurar as variáveis fisiológicas tornou-se uma estratégia usual para estimar a solicitação energética da atividade (NUNES, 1997; FRANCHINI *et al*., 2004a). Tal mensuração ocorre após ações específicas, como entrada de golpes em pé (*uchikomi* e *nage komi*), treinamento de combate (*randori*), simulações de luta e lutas de competição. Ou de forma indireta, simulando a demanda energética no judô, via cicloergômetros para membros inferiores (MMII) e/ou superiores (MMSS) e testes específicos da

modalidade. Estudos que quantifiquem a contribuição energética através de simulações de luta ou lutas de competição são muito escassos na literatura científica, e serão abordados de forma mais detalhada neste trabalho.

Outrossim, o objetivo deste estudo é investigar a contribuição dos três sistemas energéticos (ATP-PCr, glicolítico e oxidativo) através das variáveis fisiológicas como concentração de lactato (Lac^-) e o consumo de oxigênio máximo ($\dot{V}O_{2máx}$) e/ou capacidades físicas mais utilizadas (potência pico (PP) e média (PM), frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$)) e através de substratos energéticos que reflitam as vias metabólicas em questão. Além do mais, serão analisados possíveis efeitos das variáveis dependentes na contribuição energética na luta (tempo de combate, categoria e classe (peso, idade e sexo), duração e tipo de combate (em pé *vs*. solo) intervindo ou não no desempenho durante o combate. Temos por hipótese que os sistemas glicolíticos anaeróbios (ATP-CP, sistema glicolítico alático e lático) são primordialmente utilizados no início do combate, acompanhado secundariamente do sistema aeróbio (oxidativo) quanto mais longo for o combate bem como a competição.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS $\dot{V}O_2$, LACTATO E FREQUÊNCIA CARDÍACA E QUANTIFICAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA

A intensidade do exercício é uma das variáveis que mais interferem nas mudanças fisiológicas e metabólicas durante o treinamento. Ela reflete diretamente o desenvolvimento da capacidade física desejada, juntamente com outras variáveis como duração, volume e frequência. Os métodos de quantificação mais comuns são o teste de consumo de oxigênio máximo ($\dot{V}O_{2máx}$), consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_{2pico}$), porcentagem da frequência cardíaca máxima (%$FC_{máx}$) e concentração de lactato sanguíneo (Lac^-). A mensuração relativa da intensidade é mais fidedigna em detrimento da absoluta, pois a primeira considera fatores individuais como idade, nível de condicionamento, sexo, peso, minimizando as chances de subestimar ou superestimar os valores de intensidade (McARDLE *et al.,* 2016).

Alguns desses parâmetros metabólicos supracitados como o $\dot{V}O_2$ e o lactato apresentam uma complexa relação não só com os domínios de intensidade, mas também com os sistemas fisiológicos solicitados nesses diferentes domínios (XU, RHODES, 1999; CARITÁ *et al*., 2014; McARDLE *et al.,* 2016). O $\dot{V}O_{2máx}$ demonstra a taxa máxima finita do sistema cardiopulmonar em captar oxigênio, distribuí-lo aos músculos ativos e sua capacidade de utilização (HEYWARD, 2013), bem como ressintetizar adenosina trifosfato (ATP) via sistema aeróbio através da respiração mitocondrial, fornecendo energia necessária para a continuidade do exercício (LEVINE, 2008).

O quadro 1 apresenta uma classificação da aptidão cardiorrespiratória de acordo com o sexo e a idade, por intermédio de valores relativos de $\dot{V}O_{2máx}$. Já o quadro 2 define porcentagens relativas de intensidade de esforço de acordo com valores de $\dot{V}O_{2máx}$, $FC_{máx}$, percepção subjetiva de esforço (PSE), comumente utilizados nos treinamentos para promover as capacidades aeróbias ou anaeróbias de acordo com a especificidade da modalidade. Essas porcentagens estão diretamente ligadas com integração dos sistemas energéticos (ATP-PC, glicolítico e oxidativo) durante o esforço. A capacidade aeróbia, anaeróbia, potência, flexibilidade

e força assistem o desempenho do judoca juntamente com fatores técnico-táticos (FRANCHINI, 2001), sendo de fundamental importância avaliá-las e promovê-las, visando o sucesso na modalidade.

Quadro 1: Classificação da aptidão cardiorrespiratória: $\dot{V}O_{2máx}$ (mL/Kg/min)

Idade (anos)	Ruim	Regular	Boa	Excelente	Superior
Mulheres					
20-29	≤ 35	36-39	40-43	44-49	50+
30-39	≤33	34-36	37-40	41-45	46+
40-49	≤ 31	32-34	35-38	39-44	45+
50-59	≤ 28	29-30	31-34	35-39	40+
60-69	≤ 25	26-28	29-31	32-36	37+
70-79	≤ 23	24-26	27-29	30-36	37+
Homens					
20-29	≤ 41	42-45	46-50	51-55	56+
30-39	≤ 40	41-43	44-47	48-53	54+
40-49	≤ 37	38-41	42-45	46-52	53+
50-59	≤ 34	35-37	38-42	43-49	50+
60-69	≤ 30	31-34	35-38	39-45	46+
70-79	≤ 27	28-30	31-35	36-41	42+

Fonte: Heyward (2013).

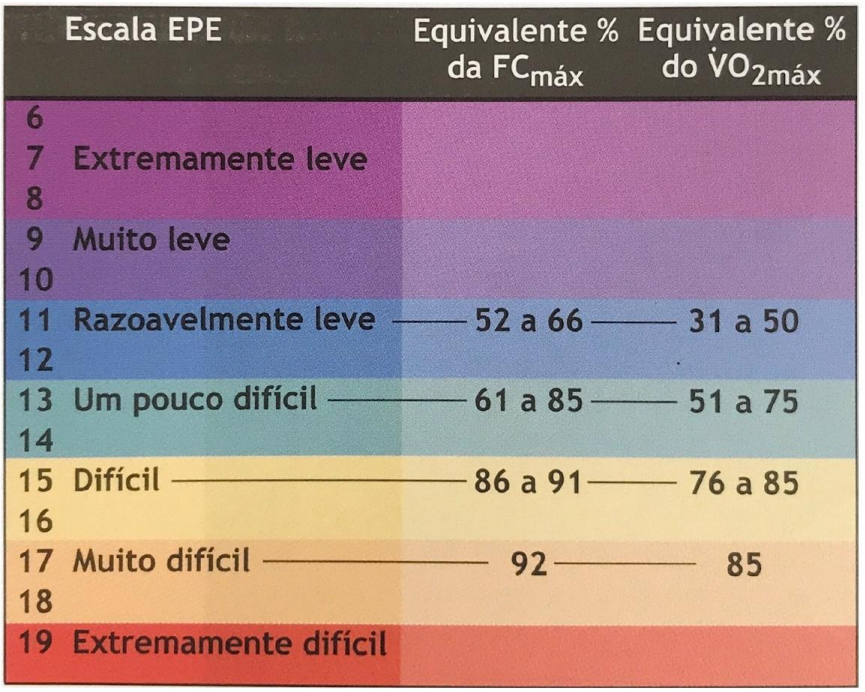
Quadro 2: Classificação da intensidade do exercício: intensidade relativa do exercício para resistência cardiorrespiratória e treinamento resistido.

Exercício para resistência cardiorrespiratória					
Intensidade Relativa					
Intensidade	**%FCR ou %$\dot{V}O_2R$**	**%$FC_{máx}$**	**%$\dot{V}O_{2máx}$**	**Esforço Percebido (Classificação entre 6-20 Escala PSE)**	**Exercício Resistido** **% 1RM**
Muito leve	< 30	< 57	< 37	Muito leve (PSE < 9)	< 30%
Leve	30-39	57-63	37-45	Muito leve - Bem leve (PSE 9-11)	30-49
Moderada	40-59	64-76	46-63	Bem leve para um pouco difícil (PSE 12-13)	50-69
Vigorosa	60-89	77-95	64-90	Um pouco difícil para muito difícil (PSE 14-17)	70-84
Aproximadamente máxima para máxima	≥ 90	≥ 96	≥ 91	≥ Muito difícil (PSE ≥ 18)	≥ 85

Fonte: Adaptado de: American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise (2011).

Outra variável utilizada na mensuração da intensidade é a frequência cardíaca (FC), que expressa o número de ciclos cardíacos em um minuto, mensurado por batimentos por minuto (BPM) (PORTO, 2004). Sua regulação ocorre pela interação de fatores intrínsecos (nós sinoatrial, atrioventricular - SA/AV -, células de Purkinje e atividade elétrica cardíaca) e extrínsecos (influxo neural simpatovagal, de centros superiores e periféricos). A porcentagem da $FC_{máx}$ (%$FC_{máx}$) do exercício também se correlaciona de forma previsível com a porcentagem de $\dot{V}O_{2máx}$ (%$\dot{V}O_{2máx}$) apresentando um erro na predição de ± 8%, tanto em atividades com predominância de MMII quanto para MMSS (McARDLE *et al.,* 2016) como apresentado na ilustração 1.

Ilustração 1 - Relação de equivalência entre valores de $FC_{máx}$ e $\dot{V}O_{2máx}$ e respectivos valores na escala de percepção de esforço (EPE). A previsão através dessas variáveis permite o controle de intensidade na prescrição em diferentes intensidades no esforço.



Fonte: Mcardle *et al*. (2016) (pg. 488)

Os principais efeitos do exercício físico na FC estão intimamente relacionados com adaptações cardiovasculares e pulmonares, como débito cardíaco aumentado, seja pela FC ou volume sistólico (VS) e maior consumo de oxigênio antes de alcançar a $FC_{máx}$ entre treinados e não treinados, além da modulação autonômica simpatovagal do sistema nervoso autônomo (SNA). Valores hemodinâmicos reduzidos (PAS) foram observados em judocas com treinamento mínimo de duas vezes na semana (SARAIVA *et al.*, 2018). Um estudo analisou a FC de judocas olímpicos e de nível nacional frente a diferentes estímulos específicos como entradas de golpe, simulação de luta e golpes com projeção. Os resultados mostraram menores valores de FC entre os atletas olímpicos em detrimento dos de nível nacional (ARRUZA *et al.*, 1996).

O comportamento da FC em diferentes intensidades evidencia outra importante variável, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A capacidade de modificar valores de FC frente às diferentes intensidades de esforço revelam uma alta adaptabilidade do sistema cardiovascular e um equilíbrio na modulação do SNA frente a esse sistema supracitado (RAMOS *et al.*, 2013; MORALES *et al.*, 2014). Um estudo investigou diferentes tipos de carga de treinamento (carga alta e moderada)

nas medidas de VFC. Quatorze judocas masculinos de nível nacional foram subdivididos nesses dois grupos. Os principais achados mostraram menores índices de recuperação, maiores níveis de estresse geral, juntamente com valores insatisfatórios de desempenho muscular (força e potência), possivelmente relacionados a maior ativação simpática e inibição da atividade parassimpática do grupo com alta carga de treinamento (MORALES *et al*., 2014).

Outro estudo sobre VFC procurou investigar se há maior VFC em judocas de alto nível comparados a indivíduos sedentários através de um teste incremental de esteira e análise eletrocardiográfica da FC. Os autores encontraram uma relação inversa ao analisarem simultaneamente FC e VFC, porém, não lineares. Houveram ganhos na VFC no início de cada estágio do teste, com tendência a diminuição da VFC ao longo do mesmo. O resultado apontou maior VFC no grupo de judocas em detrimento dos sedentários, confirmando a hipótese de que o exercício causa adaptabilidade do sistema neural sobre o cardiovascular, com um equilíbrio simpatovagal satisfatório induzido pelo exercício, além da ação metaborreflexa aferente dos músculos ativos (RAMOS *et al.*, 2013). Em suma, a VFC é um parâmetro confiável para quantificação de carga, para combater efeitos acumulativos de estresse evitando o *overtraining*, além de fornecer um *feedback* quanto ao estado de recuperação de estresse ao treinamento (McARDLE *et al*., 2016; RAMOS *et al.*, 2013; MORALES *et al.*, 2014).

Juntamente com uma menor solicitação glicolítica, outro fator fundamental na metabolização do lactato seria o aumento do fluxo sanguíneo, proporcionando maiores entregas e captações de lactato, do meio extra para o intracelular. Maiores valores de FC e maiores taxas de oxidação e captação de lactato nas fibras oxidativas em detrimento das do tipo II (que transformam o lactato em glicogênio), estão diretamente ligados ao aumento do fluxo sanguíneo. Porém a FC e suas variações, muito utilizadas em testes diretos e não diretos no judô, apresenta algumas limitações. Uma delas é o “atraso” de sua resposta frente a estímulos intermitentes de alta intensidade. Além do mais, protocolos utilizando entradas de golpe, devido a pegada no kimono e ação isométrica dos músculos do antebraço,

poderiam interferir na relação entre $\dot{V}O_2$ e FC (FRANCHINI, PANISSA, JULIO, 2013b).

Não obstante, o lactato é um importante intermediário em diversos processos metabólicos, sendo um “combustível móvel” para o sistema aeróbio e um possível mediador do estado redução-oxidação intra e extracelular (GLADDEN, 2004). Além de ser uma fonte de energia química acumulada na atividade física intensa (McARDLE *et al*., 2016) e ter como propriedade o aumento exponencial ao longo do teste incremental (MEYER *et al*., 2005). Ele se origina após a catabolização parcial da molécula de glicose pela via glicolítica anaeróbia, onde seu produto final são duas moléculas de piruvato ($C_3H_4O_3$). A partir daí, o ácido lático, subproduto desse metabolismo, oxida íons H^+ e se liga a íons de potássio ou sódio (cátions) formando o lactato (McARDLE *et al.,* 2016). Quando a velocidade da glicólise é maior que a oxidação mitocondrial, ocorre a formação do lactato pela incapacidade da mitocôndria de regenerar NAD^+ na velocidade que NADH é produzido no citoplasma resultando na redução de piruvato para lactato para produzir NAD^+ (DRIGO *et al*., 1996).

Seu acúmulo ocasiona altas Lac^-, sendo mais relacionado ao desequilíbrio entre sua formação e depuração, acúmulo de H^+ e maior produção em fibras específicas do que em relação ao início da anaerobiose (MCARDLE *et al.,* 2016). Isso porque a diminuição da demanda de O_2 muscular com o aumento da intensidade torna a fosforilação de íons H^+ dependente de O_2, mas não limitada a ela (GLADDEN, 2004). Os aumentos na intensidade também estimulam ações importantes que corroboram para o acúmulo de Lac^-, como ações enzimáticas da desidrogenase láctica (LDH), fosfofrutoquinase (PFK) e ações hormonais de catecolaminas (epinefrina e norepinefrina), estimulando a produção energética anaeróbia pela fosforilase e culminando no acúmulo de Lac^-. E a inibição dessas enzimas que regulam a via glicolítica podem apresentar uma interferência negativa na realização da atividade física (ROBERTS, SMITH, 1989).

Os processos supracitados de formação, distribuição e transporte intra e extracelular do lactato, evidenciam um importante mecanismo de metabolização intermediária desse subproduto em diferentes partes do corpo (como coração,

fígado, cérebro e outras células). A remoção do lactato em excesso produzido pelo trabalho muscular é reintroduzida nas reservas de glicogênio por intermédio do ciclo de Cori após o esforço físico intenso (SUMIDA *et al*., 1993) ou em intensidades moderadas, onde o fluxo sanguíneo de lactato pode exceder o de glicose (GLADDEN, 2004). Quando a produção crescente desse subproduto excede a taxa de depuração, principalmente nos exercícios de alta intensidade e curta duração, aumenta-se as concentrações intramusculares de lactato. Isso resulta no seu transporte para a corrente sanguínea, que, após períodos de recuperação, ocorre a absorção desse lactato em músculos menos estimulados (RICHTER *et al*., 1988; BROOKS, 2000; GLADDEN, 2000).

É importante abordar tais questões relacionadas ao metabolismo do lactato bem como a integração entre ele e o $\dot{V}O_2$ para entender e interpretar os mecanismos fisiológicos intrínsecos nos testes que buscam mensurar o desempenho esportivo. Assim como o predomínio de uma via energética na modalidade em detrimento de outra. Além de caracterizar exercícios máximos de curta duração, na qual as Lac^- evidenciam também a capacidade aeróbia do atleta (BILLAT, 1996). Ainda sim, as altas taxas de Lac^- em atletas de judô demonstram a grande solicitação do sistema glicolítico na modalidade (AMORIM, DRIGO, KOKUBUN, 1994). Para isso, existem diferentes métodos indicativos da concentração de lactato nos testes de esforço.

Referente às energéticas aeróbias e anaeróbias, é importante salientar que elas não agem de forma isolada, mas sim concomitantemente, com maior ou menor predomínio para a produção de energia em diferentes intensidades. Torna-se então importante explicitar o conceito de transição aeróbio-anaeróbio para avaliar o desempenho e prescrever diante das zonas de intensidade (KINDERMANN *et al*., 1979). Comumente são identificados dois pontos específicos na curva de lactato dentro do teste incremental. São eles o Limiar Aeróbio (L_{aer}), representado pelo aumento da Lac^- acima dos níveis basais e um amplo predomínio do metabolismo aeróbio e o limiar Anaeróbio (L_{an}), representando o limite superior do equilíbrio entre a produção e eliminação/depuração de lactato dado uma carga de trabalho constante.

Esses conceitos podem ser utilizados no controle da carga de treinamento, considerando a dificuldade de mensurar a intensidade das sessões de treino nas modalidades acíclicas e intermitentes, como é o caso do judô, bem como a estimativa da demanda energética despendida na modalidade. Desse modo, ao analisar dois anos de treinamento de dezenove atletas poloneses, Sterkowicz, Rukasz (1998) classificaram em cinco categorias os exercícios realizados pelos atletas, de forma subjetiva. Esse estudo evidenciou a proporção de treinamento, dando um panorama das principais capacidades/variáveis enfatizadas pelos treinadores. Foram elas recuperação (27,3%), misto (23,4%), anaeróbio láctico (21,4%), aeróbio (20,8%) e anaeróbio aláctico (7,1%).

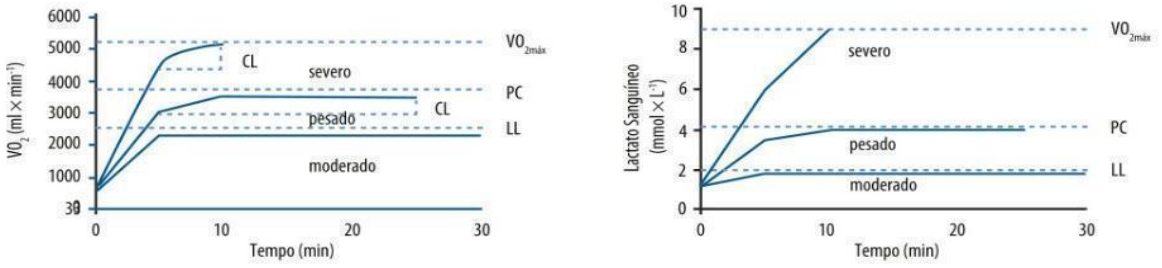
Esses achados fornecem suporte para caracterizar três principais domínios de intensidade no esforço ao correlacionar os parâmetros de lactato e $\dot{V}O_2$ (CARITÁ *et al*., 2014), os domínios moderado, pesado e severo (XU, RHODES, 1999; CARITÁ *et al*., 2014). Quando não há um aumento significativo do L_{aer}, no qual o L_{an} é seu limite superior (ou LL), a intensidade é caracterizada como moderada. Uma vez que a taxa de produção de lactato é maior em comparação com sua metabolização, configura-se o domínio pesado, exercícios realizados entre o L_{an} e o limite superior sendo um estado de estabilização do lactato sanguíneo, a máxima fase estável de lactato (MFEL). E o terceiro domínio configura a intensidade severa, onde a taxa de trabalho, que está acima do MFEL, resulta em um aumento exponencial do lactato sanguíneo durante o esforço, com grande relação com o $\dot{V}O_{2máx.}$

Com isso, pode-se relacionar a dinâmica do $\dot{V}O_2$ aos domínios supracitados. O $\dot{V}O_2$ apresenta uma resposta primária (estabilização tardia do $\dot{V}O_2$) e um componente lento durante o esforço, onde o último é característico dos domínios pesados e severos do exercício (CARITÁ *et al*., 2014). O atraso (déficit) no consumo de O_2 no início do exercício se deve pela transferência imediata de energia oriundo da degradação anaeróbia de ATP e de fosfatos de alta energia (sistemas ATP-PCr e posteriormente a glicólise anaeróbia). Os íons H^+ advindos desse metabolismo não são oxidados imediatamente na cadeia de transporte de elétrons (CTE), pelo atraso na sinalização metabólica e a ativação enzimática, bem como o fornecimento de O_2 para as mitocôndrias (POOLE, 1994; TSCHAKOVSKY, HUGHSON, 1999).

Exercícios intensos podem provocar um déficit de O_2 de maior magnitude, com grande formação de H^+ oriundos da glicólise anaeróbia e um desequilíbrio do pH, interferindo na tolerância ao esforço. Porém, atletas treinados em resistência podem apresentar menor déficit, alcançando a estabilização do $\dot{V}O_2$ mais rapidamente em detrimento de indivíduos treinados em *sprint*-potência, idosos, cardíacos e não treinados (McARDLE *et al.*, 2016). Além disso, indivíduos que se adaptam a essa estabilização primária do $\dot{V}O_2$ em menor tempo (menor déficit de O_2) podem apresentar uma maior tolerância ao esforço, uma vez que essa estabilização propicia o alcance de maiores intensidades no exercício, e uma amplitude maior de $\dot{V}O_2$ (MURGATROYD *et al*., 2011).

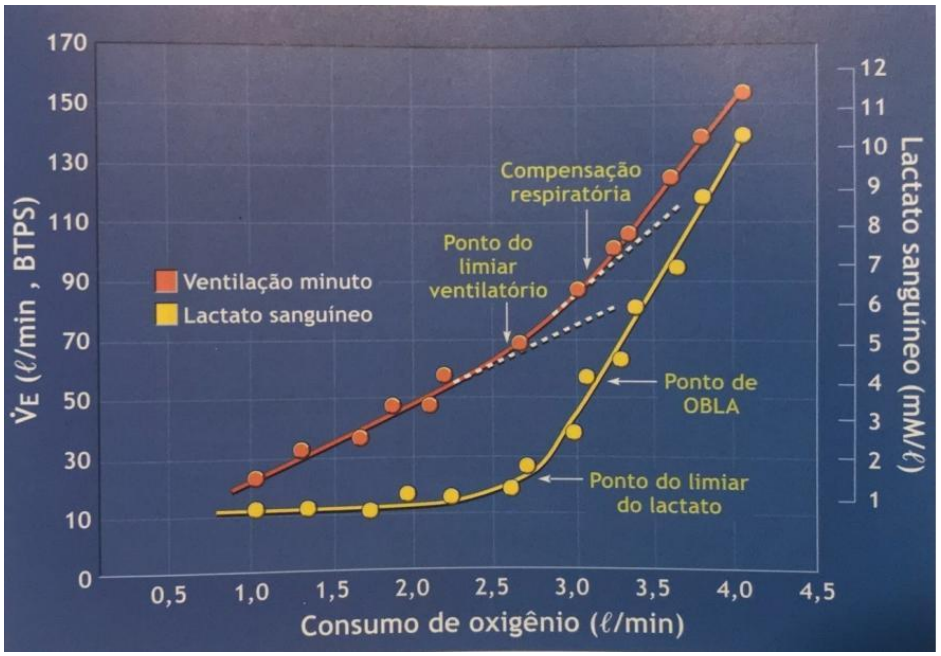
Já o componente lento (CL) do $\dot{V}O_2$, uma resposta após a primeira estabilização do $\dot{V}O_2$, caracteriza a redução da eficiência muscular no exercício, presente tanto no domínio pesado como no domínio severo. Esse último pode-se relacionar com o acúmulo de metabólitos advindo da quantidade de utilização da via anaeróbia, assim como outros fatores como a potência crítica (PC) e a capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) que determinam a magnitude do CL. (CARITÁ *et al*., 2014). A ilustração 2 representa graficamente a relação entre os domínios de intensidade apresentados e os índices de $\dot{V}O_2$ e lactato sanguíneo em função do tempo. A ilustração 3 explicita a determinação e a transição de limiares em função do lactato sanguíneo, $\dot{V}O_2$ e ventilação pulmonar ($\dot{V}E$).

Ilustração 2 - Caracterização dos domínios moderado, pesado e severo frente às variáveis lactato e $\dot{V}O_2$ pelo tempo. Nota-se a presença do componente lento (CL) do $\dot{V}O_2$ (gráfico a esquerda) no domínio severo, correlando-o a solicitação da via anaeróbia (capacidade anaeróbia, potência crítica e acúmulo de metabólitos), bem como a ausência de platô no domínio severo, no gráfico referente ao lactato sanguíneo (a direita), correlacionado ao desequilíbrio entre taxa de produção e depuração do lactato.



Fonte: Caritá *et al*., 2014.

Ilustração 3 - Determinação e transição dos limiares aeróbio e anaeróbio via $\dot{V}E$ e lactato sanguíneo. Observa-se a delimitação das diferentes intensidades durante o esforço através do Ponto de limiar ventilatório e Ponto do limiar de lactato, caracterizando o limite do esforço moderado, pela máxima taxa de $\dot{V}O_2$ sem altas Lac^-, Já os pontos de compensação respiratória e o OBLA (início do acúmulo de lactato sanguíneo) representam a transição do esforço moderado para o pesado, correlacionados com desequilíbrio entre produção-depuração de lactato e queda de pH, (aumento da $\dot{V}E$ em relação ao $\dot{V}O_2$ tenta eliminar o excesso de CO_2 advinda do tamponamento do ácido láctico).



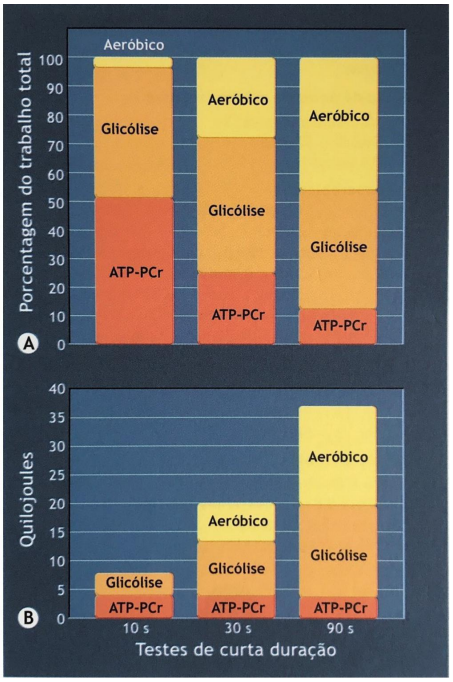
Fonte: McArdle et. al., 2016.

Outro componente importante na mensuração da contribuição energética é o consumo de oxigênio pós exercício (EPOC). Ele é mensurado pela diferença entre o $\dot{V}O_2$ de repouso e o $\dot{V}O_2$ de recuperação do EPOC. A sua magnitude é diretamente proporcional à intensidade do estímulo. Isso porque exercícios de alta intensidade frequentemente ultrapassam o $\dot{V}O_{2máx}$, apresentando grande solicitação anaeróbia, culminando em maiores valores de Lac^-, secreção de hormônios termogênicos, aumentando o tempo de recuperação e o consumo de O_2. Quando não consegue-se alcançar um platô/estabilização do $\dot{V}O_2$, o déficit de O_2 torna-se menos preciso, utilizando assim a fase rápida ou lenta do EPOC para quantificar a contribuição dos sistemas energéticos com maior precisão (McARDLE *et al.*, 2016).

Diversos artigos citados nesta revisão (FRANCHINI *et al*., 2011b; FRANCHINI, PANISSA, JULIO, 2013; FRANCHINI *et al*., 2016; JULIO *et al*., 2017;

JULIO *et al*., 2019) utilizaram o $\dot{V}O_2$ do esforço e pausa, subtraindo o $\dot{V}O_2$ em repouso para mensuração do sistema aeróbio oxidativo. Já para a contribuição do sistema anaeróbio alático (sistema ATP-PCr), utilizaram a fase rápida do EPOC. Além da contribuição glicolítica anaeróbia lática, utilizando a Lac^- e o delta de lactato (pico de Lac^- subtraído da Lac^- em repouso). E, por fim, a soma dos três sistemas energéticos foi frequentemente calculada pelo quociente calórico de 20,92 kJ, onde 1 mmol.L foi considerado equivalente a 3 mL O_2.Kg. Para fins de comparação, a ilustração 4 apresenta a contribuição energética relativa por kJ e a porcentagem pelo trabalho total, de testes de curta duração (teste de Katch) em diferentes durações, fundamentando a hipótese da maior contribuição glicolítica na luta de judô apresentada nesta revisão.

Ilustração 4 - Dinâmica dos diferentes sistemas energéticos frente ao teste de Katch. Nota-se uma alternância na participação dos sistemas ao longo do teste, podendo estimar a contribuição tanto em porcentagem de trabalho quanto em trabalho total.



Fonte: (McARDLE *et al.,* 2016, pg. 233)

Um dos testes indiretos mais utilizados na modalidade é o teste de Wingate. Ele fornece informações a respeito da potência e capacidade anaeróbia de maneira indireta (Bar-Or, 1987), e é frequentemente utilizado em modalidades cuja há um predomínio da utilização de MMSS em detrimento dos MMII. Maud e Shultz (1989) relataram valores superiores no teste de Wingate para MMSS em algumas seleções nacionais de judô comparadas à valores de MMII em não atletas. Suas variáveis são expressadas frequentemente em potência pico (PP), potência média (PM) (JÚLIO *et al*., 2019), diretamente relacionados a potência e capacidade anaeróbia, respectivamente (JÚLIO *et al*., 2019). Além do índice de fadiga (IF), através de valores relativos (PMr e PPr), médios (PMm e PPm) ou absolutos (PMa e PPa), em Watts (W) ou W/Kg (considerando a massa corporal), além do trabalho total (TT) em kilojoules (kJ) e concentração de lactato (Lac^-).

A dinâmica energética do teste de Wingate apresenta prevalências distintas durante os 30 segundos de estímulo. Ele é realizado em 5 séries em um cicloergômetro de freio mecânico, com carga relativa ao peso corporal, variando entre 0,075 a 0,12 Kg por peso corporal. Um contador registra os valores de potência de 5'' em 5'' (McARDLE *et al.,* 2016). Inicialmente (até 10 segundos), há uma maior participação do sistema ATP-PCr, que rapidamente é superada pela predominância do sistema glicolítico (até 20 segundos), onde o sistema oxidativo contribui em maior porcentagem ao final do estímulo (aproximadamente 5 segundos) (SMITH, HILL, 1991). Porém, a contribuição aeróbia apresenta fundamental importância ao longo do teste, "compensando" a depleção glicolítica oriunda dos esforços supramáximos sequenciais (BOGDANIS *et al*., 1996; TABATA *et al*., 1997).

Já a aptidão aeróbia pode ser mensurada por testes incrementais máximos/submáximos apresentando grandezas relacionadas ao consumo de O_2, diferentemente da geração de trabalho em virtude do tempo (capacidade anaeróbia). A potência aeróbia, por exemplo, tem como marcador direto o $\dot{V}O_{2máx}$ ou $\dot{V}O_{2pico}$ (Bar-Or, 1987), onde a velocidade no limiar anaeróbio (VLan) indica a capacidade aeróbia (FRANCHINI, 2011), mensurados de forma relativa (mL/Kg/min) ou valores absolutos (L/min). Quando comparando atletas altamente treinados em resistência aeróbia e indivíduos de capacidade inferior, os limiares aeróbios e anaeróbios

ocorrem em maiores intensidades nos primeiros em detrimento dos segundos (MEYER *et al.*, 2005), sugerindo uma maior tolerância ao esforço.

Um exemplo de teste específico é o *Special Judô Fitness Test* (SJFT) utilizando a entrada de golpe (*uchikomi*), baseada na especificidade e característica intermitente do estímulo, avaliando diferentes níveis de solicitação aeróbia e anaeróbia. Ele é realizado em três etapas, com duração de 15'', 30'' e 30'', com 10'' de recuperação passiva entre eles. O objetivo é o executante (*tori*) projetar os dois *uke*, separados por seis metros, o máximo possível de vezes, através da técnica *ippon seoi nague*. A aferição da FC ocorre imediatamente e após 1'. O índice é calculado por FC final (BPM) + FC 1' após o final do teste (BPM) dividido pelo número de arremessos, onde seu valor é inversamente proporcional ao desempenho no teste.

As variáveis presentes no cálculo do índice, como número de arremessos, relaciona-se à capacidade anaeróbia, potência e capacidade aeróbia, potência muscular, além da diferenciação entre judocas de níveis distintos, com grande importância da eficiência do movimento. A FC de recuperação (1' após teste) tem correlação com a potência aeróbia, além da eficiência do sistema cardiovascular. O índice do teste, mesmo com menor precisão de mensuração de desempenho, porém mais específico, obteve boa correlação com índices de aptidão aeróbia e anaeróbia (DETANICO, SANTOS, 2012). Além de similaridades nas Lac^- pós teste e testes que utilizam luta em treino (*randori*) (CALLISTER *et al*., 1991) e lutas de competição (CAVAZANI, 1991; SIKORSKI *et al*., 1987).

Porém o SJFT apresenta algumas limitações tanto em suas variáveis como na dinâmica do teste. Uma delas é a contabilização dos arremessos, na qual são validados apenas entradas dentro do período estipulado, não validando quedas iniciadas no período regular do teste, porém finalizadas com o tempo esgotado. Assim como a relevante solicitação dos MMII no rápido deslocamento entre as aplicações de golpe, onde a fadiga da parte inferior do corpo possivelmente interferiu no desempenho do teste (DETANICO, SANTOS, 2012).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS METABÓLICAS E ENERGÉTICAS

Além dos domínios de intensidade delimitados através de marcadores biológicos supracitados, que auxiliam a prescrição do treinamento e a avaliação do desempenho, as vias energéticas ou sistemas energéticos guardam estreita ligação com a intensidade do exercício, como cita McArdle *et al*. (2016) (p. 136). A quebra ou clivagem das ligações químicas dos substratos energéticos, como carboidratos, lipídeos e proteínas (macronutrientes) fornecem um aporte energético contínuo através de novas ligações químicas, com objetivo de formar moléculas ricas em energia (ATP). Para realizar um determinado trabalho biológico especializado, é necessária a liberação de energia que advém de um complexo sistema de degradação/ressíntese de ATP (LEHNINGER, 1971). Esse aporte energético se apresenta em duas principais vias metabólicas de produção de energia, determinando a utilização ou não de oxigênio: metabolismo aeróbio ou anaeróbio, a nível mitocondrial e do citosol, respectivamente (FOSS, KETEYIAN, 2000).

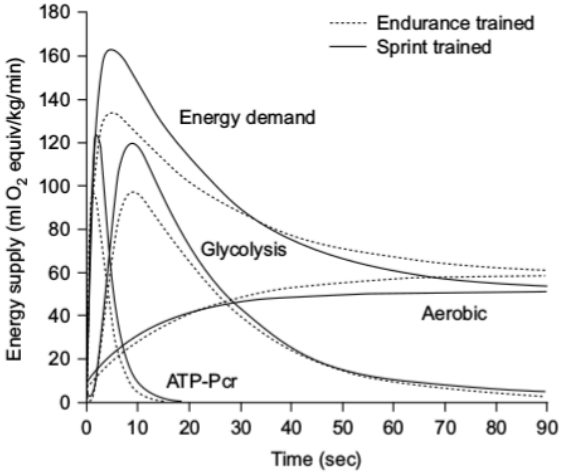
Uma das formas de produção de energia sem a utilização de oxigênio se dá através do sistema ATP-PCr. A hidrólise da creatina fosfato (PCr) via enzima creatina quinase (CK) libera um íon fosfato (Pi), que se liga à uma molécula de adenosina difosfato (ADP), originando assim uma molécula de ATP. Outra ação enzimática pode resultar na formação de uma molécula de ATP e uma molécula de adenosina monofosfato (AMP), porém, através da adenilato ciclase, que hidrolisa duas moléculas de ADP. Essas ações têm importante função na ativação em estágios iniciais do catabolismo do glicogênio e na respiração mitocondrial e em outros sistemas energéticos, uma vez que origina subprodutos moleculares como AMP, Pi e ADP (McARDLE *et al.*, 2016).

A característica principal da via ATP-PCr é seu predomínio em estímulos de alta intensidade e curtos períodos de duração, onde em aproximadamente dez segundos se alcança um rendimento máximo de energia por essa via (TRUMP *et al*., 1996), duração semelhante a uma sequência de golpes no judô, por exemplo. Porém esse sistema não apresenta uma eficiência satisfatória, consolidando uma relação 1:1 (uma molécula de PCr e ADP têm como produto final uma molécula de ATP). Ou

seja, há um fornecimento rápido de energia em comparação a outros sistemas como o glicogênio, pela alta taxa de creatina quinase (HULTMAN *et al.*, 1991), necessitando apenas de uma reação enzimática para originar ATP, porém limita-se a formação de apenas uma molécula de ATP.

Logo, como a disponibilidade da reserva muscular de ATP é limitada (GASTIN, 2001), bem como sua capacidade de ressintetização nesse sistema supracitado, outras vias são solicitadas. É importante salientar novamente que os diferentes sistemas não agem de maneira isolada. Há prevalência de um em detrimento do outro em diferentes circunstâncias como intensidade, estado nutricional e de treinamento (FOSS, KETEYIAN, 2000) como já dito anteriormente. A ilustração 5 exemplifica o predomínio dos sistemas em diferentes modalidades de exercício ao longo do tempo. Então, a fim de suprir a energia necessária para o trabalho biológico, o fornecimento de energia via glicólise se faz necessário. Existem duas maneiras de ressintetizar ATP pelo carboidrato, com ou sem a necessidade de oxigênio, denominada glicólise anaeróbia (rápida), ou pela glicólise aeróbia (lenta). A velocidade de produção de ATP advinda da demanda do esforço determina a forma predominante da glicólise (MCARDLE *et al.*, 2016).

Ilustração 5 - Predomínio das vias de produção energética em diferentes categorias de esforço (treinamento de endurance - intensidade moderada - e treinamento intervalado - alta intensidade). Nota-se nos primeiros segundos o predomínio dos sistemas anaeróbios glicolítico e ATP-PCr (principalmente no estímulo intervalado), seguidos de queda substancial após cerca de vinte segundos. Diferentemente da solicitação do sistema aeróbio, com um aumento gradual, porém, pouco variável entre as duas categorias de estímulo.



Fonte: Gastin (2001)

A produção energética de ATP se mantém limitada na glicólise anaeróbia, sendo predominante em esforços com duração máxima entre 60 a 90 segundos. As fibras musculares do tipo II apresentam grande familiaridade com esse tipo de produção energética, uma vez que contêm grande quantidade de enzima fosfofrutoquinase (PFK), uma das enzimas limitantes na glicólise rápida (SALTIN, ASTRAND, 1967). Outros componentes que também podem inibir essa via são o aumento da quantidade de oxigênio, os níveis de substrato frutose 1,6 difosfato e as concentrações de enzimas transferases (reações 1, 3 e 10 principalmente). Além do mais, sua capacidade rápida, porém reduzida de geração de ATP (5% da energia disponível existente na molécula de glicose) em comparação à degradação total da molécula evidencia a necessidade de produção energética via aeróbia, caso a demanda energética se mantenha (MCARDLE *et al.*, 2016). Isso inclui reações de transporte de elétrons e fosforilação oxidativa com a presença do oxigênio (GASTIN, 2001).

A continuação da degradação desse substrato se caracteriza, justamente, pela presença de oxigênio ao final da fosforilação oxidativa. Para que isso ocorra, as moléculas de piruvato são transformadas em um composto denominado Acetil CoA, a fim de originar o primeiro substrato do ciclo de Krebs na combinação oxaloacetato e acetil CoA. A reação é catalisada pela enzima piruvato desidrogenase (PDH) na mitocôndria, juntamente com a coenzima A e NAD^+ que origina uma molécula de dióxido de carbono (CO_2) e a liberação de dois íons H^+ para a formação de NADH. A rota anfibólica inicia-se com o oxaloacetato, onde o substrato é degradado em mais nove reações enzimáticas, resultando no fornecimento de mais dois pares de íons H^+ para NAD^+ (na conversão de isocitrato em oxalosuccinato, α-cetoglutarato a succinil CoA e da conversão malato a oxaloacetato), para $FADH_2$ (conversão succinato a fumarato) e moléculas de ATP (conversão do succinil CoA em succinato) (MCARDLE *et al.*, 2016).

São liberados dezesseis íons de hidrogênio ao final do ciclo de Krebs (duas moléculas de Acetil CoA) que produzirão dezoito moléculas de ATP na fosforilação

oxidativa (via NADH e $FADH_2$). A conversão do piruvato em Acetil CoA libera mais quatro íons H^+ para NAD^+, gerando mais cinco moléculas de ATP ao final da CTE, juntamente com a formação direta de mais dois ATP's no ciclo de Krebs via guanosina difosfato (GDP). Somando-se à glicólise rápida, (total de sete moléculas de ATP: duas via fosforilação direta e cinco moléculas via NADH na fosforilação oxidativa), o fracionamento total da glicose disponibiliza trinta e duas moléculas de ATP ao metabolismo, considerando a produção efetiva de 2,5 e 1,5 moléculas de ATP via coenzimas NAD^+ e FAD, respectivamente (FOSS, KETEYIAN, 2000).

Existem algumas disparidades entre autores quanto a produção de ATP, que consideram esse valor maior ou menor devido ao sistema de lançamento das coenzimas para a mitocôndria (glicerol-fosfato ou malato-aspartato) e o transporte de ATP para fora da mitocôndria (FOX, 2010). Além disso, a velocidade de produção dessa energia inclui mecanismos regulatórios, como inibidores enzimáticos (ATP e NADH), ativadores (como ADP e cálcio intramuscular) e níveis de fosfato, citrato e pH. A função primordial do ciclo de Krebs é fornecer elétrons (H^+) para serem oxidados na CTE. Essa função é potencializada quando o substrato advém dos lipídios, onde sua solicitação depende da intensidade e duração do estímulo.

Altos períodos de exercício intenso depletam consideravelmente as reservas de glicogênio, tornando assim os lipídios a fonte primária de energia (KIENS *et al*., 1993). Com um enorme poder energético (30 a 80% da energia no esforço dependendo do nível de treinamento, intensidade, duração e estado nutricional (THOMPSON *et al*., 1998)) comparado aos outros dois substratos (carboidratos e proteínas), a lipólise se inicia nos adipócitos, originando três moléculas de ácidos graxos livres e uma de glicerol para os músculos ativos. Elas fornecem enormes quantidades de energia, adentrando em ambos sistemas energéticos aeróbios (ciclo de Krebs, via beta oxidação dos ácidos graxos em fragmentos Acil e posteriormente em Acetil CoA) e na glicólise anaeróbia (via conversão do glicerol em 3-fosfogliceraldeído), totalizando quatrocentos e sessenta moléculas de ATP por triacilglicerol catabolizado (MCARDLE *et al*, 2016).

Porém, o fornecimento deste aporte energético é mais lento em comparação a catabolização glicolítica, haja vista que perpassa várias reações enzimáticas para

fracionar suas cadeias de carbono e enfim adentrar às células. Além disso, ele demanda o mínimo funcionamento do sistema glicolítico que fornece intermediários que permitem a entrada do Acetil CoA (beta oxidação dos ácidos graxos) no ciclo de Krebs. A biodisponibilidade de oxigênio mitocondrial como aceptor final do hidrogênio, carreado pelos agentes redutores também é fundamental para a utilização desse substrato na via energética em questão (FOSS, KETEYIAN, 2000; MCARDLE *et al.*, 2016).

Ainda existe um terceiro substrato como fonte de obtenção de energia, as proteínas. Eles apresentam características cetogênicas (formação de Acetil CoA ou α- cetoglutarato) ou glicogênicas (intermediários da glicose, como piruvato, oxaloacetato e malato). Para serem utilizadas como fonte energética no esforço, ocorre o processo inicial de desaminação de alguns tipos de aminoácidos de cadeia ramificada, como leucina, isoleucina, aspartato e glutamina. Porém, não serão objeto de análise, uma vez que a utilização desse substrato relaciona-se com depleções severas nos níveis séricos de glicose, não sendo vantajoso tão pouco desejável metabolicamente no desempenho esportivo (MCARDLE *et al.*, 2016).

Alguns estudos analisaram as respostas fisiológicas e metabólicas na luta e competição simulada de judô através de variáveis biológicas que projetam a utilização dos substratos supracitados (DEGOUTTE *et al*., 2003; STAVRINOU; ARGYROU; HADJICHARALAMBOUS, 2016). Ambos estudos evidenciaram predominantemente a solicitação glicolítica anaeróbia (aumentos da concentração de glicose e lactato sanguíneo). Porém diferiram quanto a taxa de ativação lipolítica e proteica. Degoutte *et al*., (2003) observaram altas taxas lipoĺiticas logo no início do combate, além da ativação do catabolismo proteico (aumento na concentração amônia, ácido úrico e uréia). Possivelmente a ingestão inadequada de carboidratos em suas dietas, que foram monitoradas durante sete dias, além de adaptações metabólicas e hormonais do treinamento respectivamente, explicam essas divergências em ambos trabalhos.

Caracterizar os domínios de intensidade, as variáveis fisiológicas e as vias metabólicas são elementos fundamentais que possibilitam uma melhor compreensão dos estudos sobre a modalidade em questão. A mensuração da contribuição

energética no judô perpassa diversas metodologias. Utilização de variáveis fisiológicas mais requeridas na modalidade (potência, força, capacidade aeróbia e anaeróbia, $FC_{máx}$, $\dot{V}O_{2máx}$, Lac^{-}), estimadas por testes indiretos, testes específicos, ações específicas, simulações de combate e lutas reais de competição. No capítulo seguinte será apresentado estudos mais específicos sobre a contribuição energética na modalidade em diferentes situações. Serão priorizados estudos que investiguem ações mais próximas das ações reais (simulações de luta, randori e lutas reais) por apresentar maior validade ecológica e especificidade, sendo o objetivo principal desta revisão.

3. HIPÓTESE

A hipótese principal foi que os sistemas anaeróbios (ATP-CP e sistema glicolítico lático) são fontes energéticas primordialmente utilizadas no início do combate, acompanhado do sistema aeróbio (oxidativo) quanto mais longo for o combate. Supõem-se também que o sistema anaeróbio glicolítico tem grande contribuição durante as tentativas de derrubar o oponente (por exemplo), que demandam ações de curta duração e alta intensidade, e, por sua vez, a contribuição predominante do sistema aeróbio na recuperação (ainda que parcial de ATP-CP) nos intervalos.

4. OBJETIVO

O objetivo desta revisão narrativa foi analisar a contribuição bioenergética nas lutas de judô. Desta forma, descrever as respostas metabólicas requeridas durante o combate com vistas a fornecer os fundamentos fisiológicos necessários para a estruturação da prescrição e periodização do treino. Além disso, destacou-se os diferentes protocolos de treinamento e avaliação dos judocas e como suas diferentes características (classe de idade, categoria de peso, sexo, nível de condicionamento) podem afetar as estratégias de treino e orientar a intervenção na modalidade.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada na presente revisão contou com a busca de artigos científicos em bases de dados digitais (Pubmed, Scientific Electronic Library Online - SciELO -, Directory of Open Access Journals - DOAJ -). Para isso, foram selecionadas palavras-chave, tendo como base o título do estudo e palavras-chave em artigos previamente lidos, formando assim um universo de palavras. Palavras referentes ao metabolismo energético formaram o seguinte universo: *Physiological responses*, *energy system contributions*, *energy demands*, *energy cost*, *energy expenditure*, *metabolic demand*, *metabolic responses*. Com referência às variáveis lactato e $\dot{V}O_{2máx}$, foram selecionadas: *Lactate, blood lactate*, *lactate concentration*, *maximal oxygen consumption*, $\dot{V}O_{2máx}$, *oxygen uptake kinetics*. E, por fim, referente a modalidade, as palavras: “Judô, judô *fights*, judô *matches*”.

Tendo em vista que muitas palavras são sinônimos, bem como a inviabilidade de tantas combinações, foram selecionadas duas palavras e duas combinações, descritas a seguir. Utilizando a busca avançada na base de dados Pubmed, os termos *physiological responses* e judô foram unidos na pesquisa pelo filtro “AND”, bem como a limitação de artigos de até dez anos atrás, resultando inicialmente em 84 artigos. Os critérios para exclusão nesta etapa foram artigos referentes à outras modalidades (*karatê*, *jiu-jitsu*, *taekwondo*, artes marciais mistas) e trabalhos referentes a outras análises fisiológicas/áreas de conhecimento (nutricional, suplementação, perda de peso, nível de ansiedade, entre outras), reduzindo a busca para dezessete artigos.

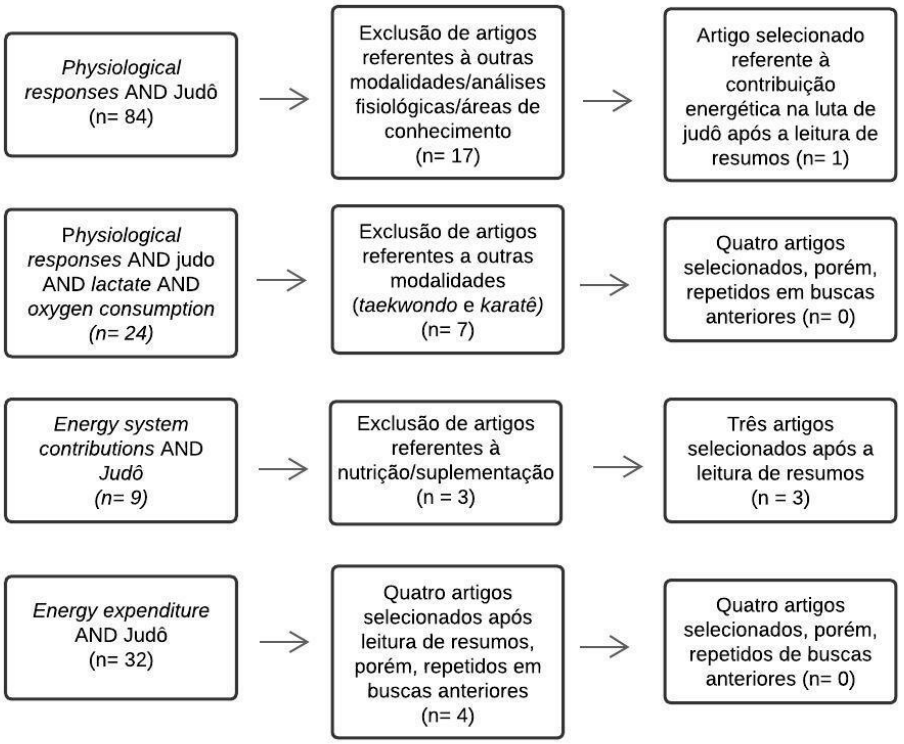
Por fim, foi realizada a leitura do resumo dos dezessete artigos, a fim de investigar quais desses trabalhos investigaram, de fato, a contribuição energética na luta do judô. Foram excluídos artigos que investigaram o efeito de determinado protocolo ou periodização de treinamento nas capacidades/performance físicas de judocas, além de artigos que objetivaram investigar níveis de ansiedade, confiabilidade de tempo de análise e treinamento mental, controle postural, totalizando apenas um artigo.

Ainda nas palavras-chave supracitadas, quando especificados as variáveis lactato e consumo de oxigênio na pesquisa (*physiological responses AND* judo *AND lactate AND oxygen consumption*) foram encontrados 24 resultados. Sete elegíveis e dezessete incompatíveis (referente a outras modalidades como *taekwondo* e *karatê*). Dos sete artigos encontrados, quatro se repetiram da busca anterior e três não foram selecionados (referente ao treinamento intervalado nos esportes de combate, um sobre análise de um teste específico de judô, outro sobre Influência da aptidão física no desempenho do teste de aptidão especial do judô.

Outra combinação de termos foi entre as palavras judô e *energy system contributions*, resultando em sete artigos, dos quais foram excluídos quatro trabalhos referentes à temática de nutrição/suplementação, totalizando três trabalhos elegíveis. E por fim, a última combinação de termos, entre as palavras judô e *energy expenditure*. Nesta última busca, dos trinta e dois artigos apresentados, cinco artigos eram compatíveis com a temática desejada, sendo quatro deles repetidos de buscas anteriores (judô e *energy system contributions*) e o quinto trabalho não foi localizado.

Inicialmente o objetivo do trabalho foi investigar a contribuição energética na luta de judô em competições reais. Porém, em virtude da quantidade reduzida de artigos, a busca foi ampliada para simulações de luta, sessões de treino livre (*randori)* que contam com entradas de golpe (*uchi komi*) e movimentações específicas de luta, além de testes específicos da modalidade e indiretos, objetivando manter um grau elevado de validade ecológica. De acordo com essas combinações de palavras, foram selecionados apenas 4 artigos propriamente ditos. Com isso, alguns artigos foram selecionados seguindo as mesmas combinações de palavras-chave, porém com mais de 10 anos, bem como artigos de outras plataformas, como por exemplo *Taylor & Francis Online*, ou diretamente de outros jornais, obtidos a partir de referências bibliográficas dos artigos lidos na íntegra.

Figura 1. Representação esquemática do processo de seleção de artigos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6. RESULTADOS

Diante dos trabalhos apresentados, a contribuição energética no judô foi investigada de formas distintas. Isso porque a modalidade não permite a mensuração de variáveis fisiológicas durante o combate (SIKORSKI *et al.*, 1987), surgindo a opção de análise da demanda energética por métodos indiretos (testes não específicos e específicos) ou diretos após combates reais e/ou simulados ou em seus intervalos. Os estudos utilizaram variáveis fisiológicas relacionadas aos três sistemas energéticos (glicolítico alático - ATP-PCr -, lático e oxidativo) e fisiológicos (aeróbio e anaeróbio) como $\dot{V}O_2$ e Lac^-, através das principais capacidades físicas solicitadas no judô (PP e PM) bem como situações com maior validade ecológica, como entradas de golpe, lutas de treino e de competição simulada. Além ainda da análise de substratos energéticos utilizados na modalidade.

Dos estudos que analisaram a contribuição energética via lutas ou competições simuladas de judô, os principais achados corroboram para: maior dominância do sistema oxidativo em detrimento dos sistemas anaeróbios desde o primeiro minuto de luta até o último (JULIO *et al.*, 2017). Maior solicitação do metabolismo anaeróbio (altos valores de Lac^- e glicose sanguínea) sem efeito no metabolismo lipídico durante as análises (STAVRINOU; ARGYROU; HADJICHARALAMBOUS, 2016). Porém, nesse último trabalho apresenta uma limitação, pois não foi analisada especificamente a contribuição aeróbia de forma direta na análise. Em contrapartida, o estudo de Degoutte, Jouanel, Filaire (2003) concluiu que uma luta de judô induz o metabolismo lipídico e proteico, mesmo com alta solicitação das vias anaeróbias, porém, relacionados ao estado nutricional dos indivíduos, estresse metabólico e adaptação ao treinamento.

Sobre a contribuição energética mensurada por teste indireto intermitente máximo (Wingate), um estudo avaliou apenas a demanda dos MMSS (FRANCHINI *et al.*, 2016) e outro utilizou ambos membros (JULIO *et al.*, 2019). O primeiro reportou contribuições absolutas e relativas significantes do sistema glicolítico nas primeiras sessões de teste. Porém com quedas substanciais desta via em detrimento do aumento da contribuição do sistema ATP-PCr na última série (%

relativa) e manutenção da participação do sistema oxidativo ao longo das séries, tanto na % relativa como absoluta. Quando comparados os testes para MMSS e MMII, Júlio *et al*. (2019) encontraram maior contribuição relativa do sistema glicolítico em ambos testes, sendo maior nos testes para MMSS, onde o sistema ATP-PCr foi superior ao oxidativo tanto na contribuição relativa quanto na absoluta.

Já os principais achados referentes à contribuição energética mensurada por teste específico, um trabalho utilizou o *Special Judô Fitness Test* (SJFT). A principal conclusão ao analisar judocas de cinco categorias distintas, é que a contribuição energética predominante é a anaeróbia alática, que corrobora para os achados de Júlio *et al*. (2019), que observaram grandes participações do sistema ATP-PCr ao final dos testes de Wingate para MMSS. Porém, o estudo em questão também observou contribuições significativas dos sistemas lático e oxidativo, por intermédio das altas Lac^- e do aumento do consumo de oxigênio (FRANCHINI *et al*. 2011b).

E por fim, um estudo analisou a contribuição energética via protocolo específico (*uchikomi*) no judô (FRANCHINI *et al*., 2013b). Ao avaliar três técnicas distintas de entradas de golpe em três estruturas temporais diferentes, os autores não encontraram diferenças significativas no gasto energético absoluto entre as três técnicas e as três estruturas temporais. Apenas encontraram menores contribuições energéticas relativas a técnica de perna (*ouchi-gari*) em relação ao *seoi-nage*, confirmando uma das hipóteses iniciais. Além disso, reportaram queda no número de entradas de golpe ao longo do tempo, que pode ser explicado por menor transferência de energia via sistemas anaeróbios em detrimento do aumento do $\dot{V}O_2$ em protocolos com menos de 1'. Porém, houve maior consumo de O_2 nos protocolos mais curtos em detrimento dos mais longos.

Uma das limitações do estudo supracitado se deve ao fato de não detalhar a porcentagem de cada sistema energético, apenas o gasto energético absoluto e relativo das técnicas e estruturas temporais. Isso impossibilitou uma análise mais detalhada de cada sistema energético sobre cada técnica e protocolo. Outra limitação são os menores valores de Lac^- reportados, que mesmo não diferindo entre técnicas e estruturas temporais, foram menores do que os observados em lutas simuladas e muito menores do que em lutas de competição. Além da menor

solicitação glicolítica advinda dos MMSS, pois não houve disputa de pegadas (*kumi kata*).

Os estudos sobre a importância do sistema fisiológico aeróbio dentro da modalidade concluíram que o componente aeróbio representa uma capacidade física de grande relevância para o judô, porém, não determinante na modalidade (FRANCHINI *et al*., 2011). Ela reflete uma maior taxa de remoção de lactato (McARDLE *et al.,* 2016), maior solicitação do sistema oxidativo "poupando" o metabolismo glicolítico anaeróbio, além do auxílio na ressintetização parcial de ATP quando a contribuição glicolítica cai drasticamente ao longo do tempo, sem prejuízo proporcional entre a queda da contribuição glicolítica e produção de potência nos estímulos supramáximos (BOGDANIS *et al*., 1996). Também foi reportado uma relação inversamente proporcional entre os valores de $\dot{V}O_2$ e categorias de peso mais pesadas de judocas masculinos, porém, sem diferença entre judocas femininas.

Já os estudos que investigaram a importância da capacidade anaeróbia na modalidade indicaram prevalência dos MMSS na modalidade (FRANCHINI *et al*., 2011a, THOMAS *et al*., 1989). Observaram maiores valores de PPa nos judocas mais pesados em detrimento dos mais leves. O inverso ocorreu na PPr, com maiores valores para atletas mais leves em relação aos mais pesados. Ou seja, correlação negativa entre a porcentagem de gordura corporal dos atletas de alto nível e o trabalho realizado no teste (FRANCHINI *et al*., 2005a). Já em relação a classe de idade, atletas da classe sênior masculino obtiveram maiores valores de PP e PM em detrimento da classe mais jovem (juvenil), possivelmente pelo período de maturação sexual (LITTLE, 1991; FRANCHINI *et al*., 1999). Além da maior capacidade de judocas gerarem potência anaeróbia em MMSS quando comparados aos MMII em detrimento da geração de potência aeróbia entre MMSS e MMII (FRANCHINI *et al*., 2004b).

Tabela 1: Artigos incluídos na discussão que analisaram a contribuição aeróbia e anaeróbia no judô via testes indiretos (Wingate), testes específicos, simulações de luta e simulação de competição.

AUTOR(ES)	OBJETIVOS	POPULAÇÃO	AVALIAÇÃO
JULIO *et al*. (2019)	Comparar a contribuição dos sistemas energéticos e a relação das variáveis mecânicas e sistema energético no WAnT para MMSS e MMII judocas.	11 judocas masculinos (18 ± 1 anos, 174,3 ± 5,3 cm, 72,6 ± 9,9 kg, 11,8 ± 1,7% de GC), experientes, participantes de competições oficiais nacionais ou estaduais e treinados.	Teste de Wingate para MMII e MMSS, carga relativa ao PC, $\dot{V}O_2$ mensurado durante e 6' após o teste. Lac^- (antes, 1', 3' e 5' após o teste). Teste incremental máximo para MMSS e MMII com carga progressiva (W). Cálculo da PP, PM, %IF, Trabalho total e REA.
JULIO *et al*. (2017)	Estimar a contribuição dos três sistemas energéticos em lutas simuladas de judô com diferentes durações.	12 judocas masculinos (18 ± 1 anos, 175.1 ± 5.3 cm, 74.3 ± 10.5 kg, 11.7 ± 1.5% gordura corporal e 8 ± 2 anos de experiência).	$\dot{V}O_2$ mensurado durante, após 6' e pós exercício, delta de lactato e fase rápida do EPOC. 5 combates com diferentes durações (1', 2', 3', 4' e 5') contra os mesmos oponentes em diferentes dias, sem saber a duração.
FRANCHINI *et al*. (2016)	Investigar o desempenho e a contribuição dos sistemas de energia durante 4 testes de Wingate para MMSS, intercalados por 3'.	14 judocas masculinos, competidores (nível nacional estadual) idade 21 ± 3 anos; altura, 175,8 ± 10,2 cm; 75,4 ± 15,5kg; experiência prática de 11 ± 4 anos.	Estimativa das contribuições dos sistemas oxidativo, glicolítico e ATP-PCr realizadas pelo $\dot{V}O_2$, Lac^- e fase rápida do EPOC, respectivamente, em testes de wingate para MMSS e MMII e teste incremental. Monitoramento da FC e $\dot{V}O_2$ na fase ativa e recuperação.
FRANCHINI, PANISSA, JÚLIO (2013b)	Comparar a resposta fisiológica e desempenho (nº de repetições) em diferentes protocolos de *uchi-komi*, variando estrutura de tempo e técnica (técnicas de perna, braço e quadril).	10 judocas masculinos (25 ± 6 anos, 73 ± 9 kg, 1,73 ± 5 cm de altura e 15 ± 6 anos de experiência em judô (faixa marrom ou preta). Atualmente competindo e treinando 3 vezes na semana e categorias até 100Kg.	$\dot{V}O_2$ e FC medidos continuamente e 6' após todos os protocolos de *uchi-komi*. Lac^- em repouso, 1', 3' e 5' pós teste. Utilização do componente rápido EPOC, delta de lactato e $\dot{V}O_2$ no esforço para estimar o gasto total energético, somados e convertidos em kJ.

Tabela 2: Análise da contribuição anaeróbia no judô via testes indiretos (Wingate), testes específicos, simulações de luta e simulação de competição.

AUTOR(ES)	RESULTADO	CONCLUSÃO
JULIO *et al*. (2019)	PM e PP relativa e absoluta maiores no WAnT MMII. RPA relativa e IF maiores no WAnT MMSS. Contribuição relativa e absoluta glicolítica predominante em MMSS (50%) e MMII (45%). Contribuição relativa e absoluta do ATP-PCr maior em detrimento do sistema oxidativo em ambos membros.	Correlação da contribuição glicolítica e do sistema ATP-PCr com as variáveis mecânicas do WAnT para ambos membros e MMII, respectivamente. Maior contribuição glicolítica relativa para MMSS (maiores RPA e IF) devido a maior aptidão anaeróbia de MMSS em judocas.
JULIO *et al*. (2017)	Contribuição absoluta do sistema oxidativo (70%) maior que a glicolítica (8%) e ATP-PCr (21%) e em todas as durações (1' a 5'). Contribuição do sistema ATP-PCr maior que o glicolítico (até 3'). Queda na contribuição relativa do sistema ATP-PCr (40% para 12%) e manutenção do sistema glicolítico (6 ± 10%). Delta de lactato maior a partir do 3'.	Diminuição gradual do sistema ATP-PCr e manutenção do glicolítico lático (6~10%) na contribuição relativa. Menor participação dos sistemas anaeróbios possivelmente pela menor intensidade fisiológica do estímulo (sem quedas e apenas lutas em pé). Refletido também nas menores Lac^-.
FRANCHINI *et al*. (2016)	Aumento da Lac^- nas 4 séries com redução dos valores no delta de lactato entre elas. A contribuição glicolítica relativa e absoluta diminuiu ao longo dos testes, com predomínio do sistema ATP-PCr a partir da 3ª série (contribuição relativa) e manutenção do oxidativo e ATP-PCr (contribuição absoluta).	Diminuição da PM e PP ao longo dos 4 testes de wingate para MMSS, que foi relacionado pela diminuição significativa da contribuição glicolítica absoluta e relativa. As contribuições oxidativas e ATP-PCr foram mantidas constantes, porém, não foram suficientes para evitar a perda de desempenho nas variáveis mecânicas.
FRANCHINI, PANISSA, JÚLIO (2013b)	Maior nº de entradas no 1' e maior nº de entradas de *ashi*. Lac^- não diferiram entre protocolos, porém, inferiores quando comparados a protocolos supramáximos e lutas de competição. Não houve efeito para estrutura de tempo ou técnica sobre o gasto energético absoluto, apenas na contribuição relativa (*ouchi gari* inferior ao *seoi nague*).	Técnica mais simples resultou em menor demanda total de energia por repetição (*o-uchi-gari)*. Ritmo durante os 3' de *uchi-komi* não foi mantido, possivelmente pela menor transferência de energia dos sistemas anaeróbios absolutos quando o tempo excede 1'. Lac^- mais baixas possivelmente pela falta de *kumi-kata* e tentativas de queda no teste.

Tabela 3: Análise da contribuição aeróbia no judô via testes indiretos (Wingate), testes específicos, simulações de luta e simulação de competição.

AUTOR(ES)	RESULTADO	CONCLUSÃO
JULIO *et al*. (2019)	Maiores valores de PAM e $\dot{V}O_{2pico}$ no teste de WAnT para MMII e contribuição relativa oxidativa em MMSS e MMII de 21 e 23%, respectivamente, sendo a menor contribuição nos três sistemas.	Correlação da contribuição oxidativa com as variáveis mecânicas do WAnT para MMSS, justificada pelo tempo predominante de disputa de pegadas na luta. Maiores valores de PAM e $\dot{V}O_{2pico}$ nos MMII pela diferença morfofuncional entre membros.
JULIO *et al*. (2017)	Maiores valores de FC no 1º em comparação ao 5º minuto, além de maiores valores de $\dot{V}O_2$ em pausa. Predominância do sistema oxidativo na contribuição relativa e absoluta nas lutas simuladas, diretamente proporcional ao maior tempo de luta.	Predominância do sistema oxidativo na contribuição energética do 1º ao 5º minuto de luta, possivelmente pela incapacidade de ressíntese de ATP e remoção de lactato pelos sistemas anaeróbios, evidenciado também por maiores valores de $\dot{V}O_2$ em pausa.
FRANCHINI *et al*. (2016)	$\dot{V}O_{2pico}$ e FC_{pico} sem alterações significativas e aumento gradativo do $\dot{V}O_2$ ao longo das séries. Maior participação oxidativa (relativa e absoluta) nas últimas duas séries de Wingate com queda significativa do sistema glicolítico.	A manutenção da contribuição oxidativa (e de ATP-PCr) não foram capazes de manter o desempenho de PM e PP nos 4 testes, possivelmente pela queda considerável da contribuição glicolítica (relativa e absoluta) nos testes.
FRANCHINI, PANISSA, JÚLIO (2013b)	$\dot{V}O_2$ e FC aumentando gradativamente no decorrer de cada minuto. Houve efeito principal da estrutura do tempo no $\dot{V}O_2$ durante a fase de esforço, com valores maiores durante os protocolos de 10'' em comparação aos protocolos de 30''. Valores de $\dot{V}O_2$ e FC semelhantes à simulações de partidas.	Maior nº de séries no protocolo de 10'' promoveu maiores acelerações/desacelerações, justificando maiores valores de $\dot{V}O_2$. O aumento do $\dot{V}O_2$ pode se relacionar a depleção do sistema glicolítico e recuperação inadequada nos estoques de ATP-PCr, diminuindo o nº de entradas ao longo do tempo.

Legenda: $\dot{V}O_2$: consumo de Oxigênio; ATP-PCr: Creatina fosfato; WanT: teste de Wingate; PC: peso corporal; MMSS: membros superiores; MMII: membros inferiores; PP: Potência pico; PM: potência média; W: Watts; RPM: rotações por minuto; EPOC: Consumo excessivo de

oxigênio pós exercício; $FC_{máx}$: frequência cardíaca máxima; FC_{pico}: Frequência cardíaca pico; GC: Gordura Corporal; kJ: kilojoules; SJFT: *Special Judô Fitness Test*; *Randori*: luta de treinamento; *Uchi-komi*: entrada de golpe sem projeção; Lac^-: concentração de lactato sanguíneo; PSE: percepção subjetiva de esforço; HDL-C: lipoproteína de alta densidade; LDL-C: lipoproteína de baixa densidade; IF: índice de fadiga.

7. DISCUSSÃO

As lutas de judô apresentam uma complexa relação entre os sistemas energéticos e a porcentagem de participação das vias metabólicas. A sua característica de intermitência nas ações de combate, por constantes paralisações (*matê*) para punição, falta de combatividade, falta de ação na luta de solo, entre outros, configuram ações de aproximadamente 30 segundos por 10 de paralisação (FRANCHINI, ARTIOLI, BRITO, 2013a). Diversos autores investigaram a estrutura temporal da luta de judô. O quadro 3 contém uma tabela pormenorizada dos trabalhos em questão (MIARKA, *et al*., 2010). Além do mais, cada luta tem duração prevista para 5 minutos, podendo se estender até que a luta se desempate, com a possibilidade de inúmeros combates durante uma competição. Fatores como nível de fadiga, tempo de intervalo entre lutas, nível de aptidão física e perfil metabólico dos atletas podem auxiliar o entendimento sobre as contribuições energéticas nessa complexa relação fisiológica que ocorre nas lutas de judô.

Mas, considerando a dificuldade metodológica de avaliar com exatidão a demanda energética em situações reais de combate, testes diretos e indiretos tornam-se uma alternativa válida. Os testes ergométricos aeróbios e anaeróbios para MMSS e MMII mensuram, de maneira indireta, a demanda fisiológica no judô, através das principais capacidades físicas da modalidade. São elas, a potência e a capacidade anaeróbia (FRANCHINI *et al*., 2011a). Comumente ocorrem diversas tentativas de projeção no combate, onde cada tentativa é curta, porém, de altíssima intensidade. Logo, as vias anaeróbias (sistema ATP-PCr e glicolítica lática e alática) têm grande relevância e auxiliam nessas ações específicas (JÚLIO *et al*., 2017). As próximas seções discorrerão sobre os principais trabalhos encontrados nesta revisão, abordando a contribuição energética anaeróbia aláctica, láctica e aeróbia na luta de judô, respectivamente.

7.1. CONTRIBUIÇÃO ANAERÓBIA ALÁCTICA E LÁCTICA

Dadas as características da modalidade, a contribuição anaeróbia para a parte superior do corpo torna-se de grande relevância. Logo, o teste de Wingate para MMSS é comumente utilizado para analisar o desempenho anaeróbio dos atletas através das variáveis utilizadas. Franchini *et al*. (2011a) concluíram que atletas cujas modalidades solicitam mais os MMSS em detrimento dos inferiores (como judô, luta olímpica) apresentam valores maiores de PM e PP de MMSS comparado a valores de MMII em indivíduos ativos não atletas. Além disso, um estudo encontrou correlação moderada entre o desempenho no teste de Wingate com a porcentagem de vitórias e número de ataques durante uma luta simulada (FRANCHINI *et al*., 2005b). Esses achados reforçam a importância do desempenho anaeróbio dos MMSS na modalidade.

A fim de analisar o possível efeito de diferentes classes de idade no judô, testes de Wingate para MMSS foram aplicados nas categorias juvenil (Sub-18), júnior (Sub-21) e sênior (acima de 21 anos), masculino e feminino. Little (1991) não observou diferenças significativas na PM e PP entre judocas femininas (júnior e sênior), porém em atletas masculinos a classe juvenil obteve menores valores de PM e de PP em relação à categoria sênior, tendo como hipótese a melhor adaptação das fibras de contração rápida (IIa e IIb) na classe sênior. Franchini *et al.* (1999) também analisaram o desempenho dessas três categorias em atletas masculinos, e também encontraram maiores valores de PMa e PPa na classe sênior em comparação ao juvenil. Porém, não encontraram diferença significativa entre as categorias quando as variáveis consideravam a massa corporal dos atletas (PMr e PPr), sugerindo que a fase final de maturação sexual da classe juvenil pode ter influência sobre o resultado do estudo.

Em relação às categorias de peso e a PM e PP absolutas, foram encontrados maiores valores de PP no teste de Wingate para atletas mais pesados em detrimento dos mais leves, porém, observou uma relação inversa quando considerada a massa corporal (FRANCHINI *et al*., 2011a) e uma correlação negativa entre a porcentagem de gordura corporal dos atletas de alto nível e o trabalho realizado no teste (FRANCHINI *et al*., 2005a). Além disso, Kim *et al*. (2011)

observaram uma correlação positiva entre massa magra de judocas da seleção nacional da Coreia do Sul e uma equipe universitária de judô para PM e PP.

Em judocas femininas, valores que mensuram capacidade e potência anaeróbia dificilmente são encontrados (FRANCHINI, 2001). Provavelmente pela distribuição percentual dos tipos de fibras musculares que diferem entre judocas homens e mulheres, com predomínio das fibras de contração rápida (principalmente IIb) nos atletas masculinos em detrimento das fibras de contração lenta (35% em homens e ≅ 50% em mulheres) (CALLISTER *et al*., 1991). Isso acarreta em algumas implicações fisiológicas como maior adaptação muscular dos atletas masculinos, haja vista os estímulos vigorosos, explosivos e rápidos exigidos durante a luta. Além da acentuada utilização da via glicolítica nos esforços intermitentes, onde a capacidade de recuperação do sistema ATP-PCr (reserva e ressíntese) poderia auxiliar o sistema glicolítico lático a não se sobrecarregar, evidenciado por menores Lac^- e consequentemente menor utilização do sistema glicolítico (DRIGO *et al*., 1996).

Ademais, quando analisados o desempenho anaeróbio em MMII no teste de Wingate, o resultado foi diferente. Thomas *et al*. (1989) compararam o desempenho anaeróbio entre MMSS e MMII em homens saudáveis e na seleção Canadense de Judô. Os resultados reafirmaram a alta capacidade de realizar trabalho anaeróbio com os MMSS dos judocas quando comparados a capacidade dos MMII (81%) em detrimento de uma menor porcentagem para homens saudáveis não atletas (51%). Além disso, devido a grande variação no valores do teste entre judocas de diferentes níveis (FRANCHINI *et al*., 2011a), bem como a menor solicitação da parte inferior do corpo e ênfase do treinamento, pode-se concluir que o desempenho nesse tipo de teste não é determinante na modalidade (FRANCHINI *et al*., 2011a).

Julio *et al*. (2019) investigaram a contribuição energética por intermédio das variáveis do teste de Wingate (PP e PM) em judocas e sua relação com tais sistemas. O objetivo era comparar as respostas tanto em testes para MMSS quanto para MMII, dadas as diferenças morfológicas entre os membros e maior solicitação dos MMSS em judocas. Para isso, os autores utilizaram variáveis derivadas da PM e PP, denominado modelo reserva de potência anaeróbia (RPA - caracterizado pela diferença entre a PP e a PAM) apresentando uma forte correlação entre RPA e porcentagem da potência fornecida pelo metabolismo anaeróbio e a queda no

desempenho no teste (IF). As hipóteses iniciais do estudo eram de que houvesse maior contribuição anaeróbia, maior RPA e maior queda no IF nos testes de Wingate para MMSS em relação aos testes realizados por MMII.

Onze judocas do sexo masculino faixa marrom ou preta, ativos e competidores realizaram dois testes em dois dias distintos separados por, no mínimo, 72 horas. Nas sessões foram realizados um teste de Wingate e um teste incremental para membros corporais distintos, separados por 60 minutos. O protocolo para os testes de Wingate para MMSS e MMII foi de cinco séries de 30 segundos em cicloergômetro de braço e de MMII com carga relativa ao peso corporal. A Lac^- foi mensurada antes, 1, 3 e 5 minutos após o teste. Nos testes incrementais para MMSS e MMII foram utilizados os mesmos equipamentos do teste de Wingate, com aumento da potência a cada 3 minutos até exaustão. Para calcular a contribuição energética de cada sistema, foi utilizado o delta de lactato (sistema glicolítico) e a fase rápida de EPOC (contribuição ATP-PCr). Além do gasto energético total e relativo de cada sistema por kJ.

Maiores valores obtidos nas respostas fisiológicas e de desempenho (PPa e PPr, PMa e PMr e trabalho total) no teste de Wingate para MMII reforçam a hipótese inicial dos autores. Para a parte superior do corpo, a RPA relativa e FI apresentaram os maiores valores. Na contribuição energética relativa e absoluta, o sistema glicolítico foi superior em relação aos outros dois sistemas, com predominância do sistema ATP-PCr em detrimento do oxidativo. Além das maiores contribuições glicolíticas relativas para MMSS nos testes de Wingate e maiores contribuições absolutas glicolíticas encontradas no Wingate para MMII. Sendo assim, essas foram as únicas diferenças significativas encontradas quando comparados ambos testes de Wingate para MMSS e MMII. A justificativa principal para os resultados encontrados (maiores RPA e IF em MMSS) é que os judocas apresentam maior aptidão anaeróbia para MMSS.

Franchini *et al*. (2016) também utilizaram o teste de Wingate, porém, somente para MMSS, objetivando mensurar a contribuição dos sistemas energéticos. A hipótese inicial era de que o sistema glicolítico reduziria sua contribuição ao longo dos testes em detrimento da maior participação do sistema oxidativo. Quatorze judocas masculinos, experientes e competidores, foram submetidos a quatro testes de Wingate para MMSS, separados por 3 minutos. Foram analisados PP, PM, e Lac^-

antes e após cada sessão de teste. A fase rápida do EPOC e o delta de lactato foram utilizados no cálculo da contribuição dos sistemas ATP-PCr e glicolítico, respectivamente, além do gasto energético total e relativo, em kJ.

Os principais achados apontaram para maiores valores de PM na primeira sessão de testes, além de maior valor de PP comparada às três sessões seguintes. Também houve aumento progressivo da Lac^- ao decorrer das sessões, comportamento oposto ao delta de lactato (diminuição ao longo dos testes). No gasto energético absoluto, durante as quatro sessões foram observadas maiores contribuições do sistema glicolítico na primeira sessão em relação aos outros dois sistemas. Porém, a partir da terceira sessão observou-se maior contribuição do sistema ATP-PCr em relação ao glicolítico. Ou seja, apenas o sistema glicolítico sofreu redução significativa ao longo dos testes.

Em relação ao gasto energético relativo, o sistema glicolítico também predominou na primeira sessão. Sua contribuição foi menor na terceira sessão em relação ao sistema ATP-PCr e ao sistema oxidativo, onde no último teste apresentou apenas 12% ± 6%, diferentemente do sistema ATP-PCr e oxidativo (53% ± 15% e 35% ± 15% respectivamente). O sistema glicolítico foi correlacionado com as variáveis mecânicas PP e PM quanto à contribuição glicolítica absoluta e gasto energético total quando todos dados foram considerados. Os autores citam que a diminuição da PP e PM pode estar relacionada à menor contribuição glicolítica após sucessivas sessões de Wingate. Mesmo com maiores contribuições dos sistemas ATP-PCr (ressíntese parcial de ATP) e oxidativo (aumento $\dot{V}O_2$) no decorrer do teste, tais sistemas não conseguiram manter o desempenho de PP e PM.

Em um trabalho utilizando entradas de golpe sem queda (*uchi-komi*), os autores investigaram três diferentes protocolos de *uchi-komi*, com variação de golpes e estrutura temporal (FRANCHINI, PANISSA, JÚLIO, 2013b). O objetivo foi comparar a resposta fisiológica e o desempenho nesses protocolos, utilizando Lac^-, $\dot{V}O_{2máx}$ e FC. Como as técnicas de *te-waza* (mão) e *koshi-waza* (quadril) demandam rotação de tronco e flexão de joelhos, a hipótese dos autores é que houvesse maior demanda energética em comparação a técnica de *ashi-waza* (pé). Além de uma maior resposta fisiológica do protocolo mais longo (6 x 30/30 segundos), comparado aos mais curtos (9 x 20/20 segundos e 18 x 10/10 segundos), que obedece a relação esforço-pausa 1:1.

Dez judocas experientes do sexo masculino, saudáveis e competidores foram submetidos a três protocolos distintos (diferentes estruturas temporais e técnicas) feitos em um mesmo dia, realizados em três dias diferentes, com intervalo mínimo de 48 horas, totalizando nove sessões de *uchi-komi*. O intervalo entre os protocolos era de 40 a 60 minutos, de forma passiva, registrando o número de entradas de golpe e a quantidade de entradas por minuto. Além da mensuração das variáveis fisiológicas para cálculo da contribuição energética. O $\dot{V}O_2$ e FC foram mensuradas durante o teste e após 6', além da mensuração da Lac^-, (coleta em repouso, 1', 3' e 5' pós teste) resultando no Lac^-_{pico} e delta de lactato. Para o gasto energético total (kJ) foram somados o $\dot{V}O_2$ do teste, a fase rápida do EPOC e a energia oriunda do sistema anaeróbio lático (delta de lactato).

Os resultados apontaram para um maior número de golpes nos protocolos utilizando *ouchi-gari* em comparação às outras duas técnicas, além de uma redução do número de entradas ao longo dos minutos. Contudo, não foram observados efeitos do tipo de técnica nas Lac^-, gasto energético absoluto ou fase rápida do EPOC. Já o gasto energético relativo nas diferentes técnicas reforçam a hipótese inicial dos autores, de que as entradas com rotação de tronco e flexão de joelho como o *seoi-nage* (técnica de mão) demandam maiores gastos em detrimento da técnica de *ashi-waza* (técnica de pé).

Além do mais, houve efeito para o tempo de medida no lactato, com valores baixos em repouso em relação a todos outros momentos e valores menores coletados após 1' do que em 3'. Valores de Lac^- do presente estudo foram inferiores quando comparados a protocolos mais específicos, como de *randori*, *nage-komi*, SJFT e simulações de partidas, e muito inferiores se comparado aos combates de competição. Por fim, os autores reiteram que a falta de *kumi-kata* (disputa de pegada) e tentativas de projeções ao solo podem ter efeito em uma menor solicitação glicolítica em detrimento dos estudos citados acima.

A partir da simulação de lutas, Júlio *et al*. (2017) estimaram a contribuição de cada sistema energético utilizando cinco lutas com diferentes durações (de um a cinco minutos). Previamente foram avaliadas a capacidade e potência aeróbia de MMSS e MMII (testes incrementais máximos) dos doze judocas que tinham 8 ± 2 anos de prática, faixas marrom ou preta e competidores em eventos estaduais e nacionais. Além da quantificação do $\dot{V}O_2$ durante a luta e após seis minutos, cálculo

do delta de lactato e o $\dot{V}O_2$ pós exercício. O cálculo da contribuição energética pelo tempo foi mensurado pela fase rápida do EPOC (sistema ATP-CP), delta de lactato (estimativa glicolítica) e pela multiplicação do $\dot{V}O_2$ de esforço e de pausa pela duração da simulação subtraindo o $\dot{V}O_2$ de repouso. A contribuição de cada sistema foi expressa como uma porcentagem em relação ao total gasto de energia, além da potência metabólica (gasto de energia total dividido pela duração).

Referente às características temporais do estudo, encontrou-se diferenças significativas entre o número de sequência de ações entre o primeiro minuto (maior) e o quinto, além de tempo de pausa maior no último minuto em detrimento do primeiro. O delta de lactato apresentou valores menores no primeiro minuto em comparação ao terceiro, quarto e quinto minuto. Quando analisadas as contribuições energéticas absolutas, observou-se um predomínio do sistema oxidativo frente aos outros dois sistemas energéticos (anaeróbio lático e alático) em todos minutos das lutas. E entre os sistemas anaeróbios, houve predominância do sistema ATP-PCr sobre o glicolítico do primeiro até o terceiro minuto. A participação do sistema glicolítico teve certa estabilidade durante a luta (6 à 10%), onde o sistema ATP-PCr diminuiu sua contribuição de 40% para 12% do início ao fim da luta.

Em relação a testes específicos, autores (FRANCHINI *et al*., 2011b) investigaram a contribuição energética analisando quatorze judocas de diferentes categorias no SJFT (-60, -66, -73, -81 e -90kg) que competiam ao menos há sete anos e com experiência prévia com o teste, onde realizaram dois testes para determinação de potência aeróbia máxima e anaeróbia máxima com MMII ($\dot{V}O_{2máx}$ e Wingate) em dias distintos. Na terceira sessão, cada judoca realizou o SJFT onde os participantes tinham estatura e massa corporal semelhantes, calculado a FC imediata e após 1’ do final do teste, para cálculo do índice que apresenta alta correlação com testes de $\dot{V}O_{2máx}$ e Wingate. Foi calculado a contribuição energética de cada sistema utilizando as variáveis obtidas nos testes, como $\dot{V}O_{2máx}$ e Lac^-, (delta de lactato, $\dot{V}O_2$ em esforço e componente rápido do EPOC). Além do trabalho metabólico total (kJ) e relativo de cada sistema.

Referente à variável Lac^- do teste, mensurada em repouso e após o teste (4’ e 8’) o pico de lactato se estabeleceu no 4º minuto para cinco judocas e no 8º para os demais, com a média de 15,85 ± 2,51 $mmol \cdot L^{-1}$. Também houve semelhança entre judocas de nível olímpico nas variáveis potência máxima e média, mas valores

pouco menores quando comparados a judocas treinados em resistência e potência. Esses valores podem ser justificados pela fase de periodização na qual se encontravam. Os achados apontam para uma predominância do sistema anaeróbio alático na análise do gasto energético, tanto absoluto quanto relativo (42,3 ± 5,9%) em detrimento dos outros dois sistemas, (anaeróbia lática 29,5 ± 5,2% e oxidativa 28,2 ± 2,9%), que não apresentaram diferenças significativas. A justificativa para a predominância do metabolismo anaeróbio lático deu-se pela utilização de movimentos de lutas específicos, de maneira intervalada e de alta intensidade.

Em um outro trabalho, os autores investigaram as respostas fisiológicas em uma competição simulada de judô (STAVRINOU, ARGYROU, HADJICHARALAMBOS, 2016). Seis homens e três mulheres, judocas de alto nível, menores de dezoito anos (“cadetes”) (16.1 ± 1.5 anos). A competição foi composta de quatro combates de quatro minutos, com intervalos passivos de quinze minutos, com continuidade da luta mesmo configurando-se *ippon* ou finalização, uma vez que foi permitida a luta no solo. Foram analisadas as variáveis Lac^- (coletas de sangue capilar em repouso e nos minutos 1, 3 e 14 da recuperação). Os dois últimos minutos foram destinados para análise do consumo de glicose e triglicerídeos, além do cálculo da porcentagem de depuração de lactato e pico de lactato. A FC também foi avaliada, bem como a PSE (imediatamente após o combate e no 3º e 14º minuto da recuperação) e o número de ataques, ataques sucessivos em pé e no solo durante a luta.

O número de ataques em pé e a soma dos ataques sucessivos (indicadores de desempenho) não diferiram significativamente nas quatro lutas. Houve maior correlação entre o pico de lactato e ataques em pé na primeira luta, sendo sucessivamente diminuída nas lutas subsequentes. O maior valor de pico de Lac^- foi observado logo na primeira luta, que pouco diferiu entre as lutas seguintes. Houve uma queda na porcentagem de depuração do lactato (diferença entre o pico de lactato e a Lac^- do 14º minuto de recuperação) em torno de 50% nas lutas, onde o pico de lactato foi maior na primeira medida em todas as sessões em comparação a segunda medida (14º minuto).

Em resumo, o estudo reforça outros achados que analisaram as demandas metabólicas na luta de judô, apontando um alta e predominante solicitação do sistema anaeróbio lático, com altos valores de pico de lactato encontrados que

pouco diferiram entre as lutas. Em contrapartida, os autores não consideraram um fator limitante a Lac^- após os quatro combates. Isso porque a alta porcentagem de depuração de lactato entre as lutas após quatorze minutos, possivelmente indica um período suficiente de intervalo entre as lutas. Os indicadores de desempenho foram analisados por intermédio do número de ataques em pé e em pé e no chão, que contabilizaram pontos na luta, correlacionando as variáveis pico de lactato, $\dot{V}O_{2máx}$ e nº de ataques. Quando avaliada a demanda energética via utilização de substratos na luta simulada, foram observadas alterações na glicose sanguínea, que juntamente com altos valores de Lac^-, apontam para uma alta ativação glicolítica.

Degoutte, Jouanel e Filaire (2003), estimaram a contribuição de cada sistema energético através da análise de substratos utilizados e de variáveis que refletissem sua utilização em resposta a uma luta de judô e na recuperação. Dezesseis judocas masculinos, ativos, faixa preta, de nível regional foram submetidos a uma luta de judô, com duração de cinco minutos e, mesmo que houvesse pontuação máxima, a luta prosseguia o tempo determinado. Foram coletadas amostras sanguíneas (antes da luta, após 3', 60' e 24 horas da luta de judô, T1, T2, T3 e T4, respectivamente) para determinar as variáveis biológicas analisadas no estudo. O perfil proteico foi analisado por intermédio dos valores de amônia, hipoxantina, xantina e ácido úrico (catabolismo proteico), bem como a atividade glicolítica (lactato). Além da atividade lipolítica discutida na seção referente à contribuição aeróbia.

Os autores reportaram índices de Lac^- dez vezes maiores após três minutos de luta do que os níveis em repouso, com queda significativa após sessenta minutos. Tais valores corresponderam a valores semelhantes de lutas de competições nacionais. Em um dos principais achados, os autores destacam a alta atividade lipolítica na luta de judô, evidenciado pelas altas taxas de AGL's, HDL-C e concentrações de subprodutos do metabolismo proteico. O estado nutricional dos judocas, onde o consumo médio de carboidratos esteve abaixo do recomendado entre os indivíduos, possivelmente interferiu negativamente na ressíntese de glicogênio muscular, aumentando assim a lipólise. Adaptações metabólicas e hormonais, como baixo estoque de glicogênio e sensibilidade a catecolaminas também foram consideradas.

As variáveis amônia, hipoxantina e xantina tiveram valores elevados em T3, porém, menores em relação à T2, iniciando uma diminuição em T3. A uréia também

aumentou significativamente em uma hora de recuperação, permanecendo-se elevada após 24 horas. Já o ácido úrico, até então inalterado, aumentou em T3, mantendo-se elevado até o início do dia anterior. Os autores explicam que os baixos estoques de glicogênio também podem ter relação com o aumento das concentrações de amônia, uma vez que o acúmulo de AMP estimula sua produção. Além da desregulação de alguns hormônios que aumentam a degradação de proteínas, acelerando a ativação da enzima AMP desaminase. Além disso, o ácido úrico também é um preditor (degradação de nucleotídeos de purinas) de baixos níveis de glicogênio, que esteve aumentado no estudo.

E por fim, o aumento da lipoproteína HDL-c pode ter sido induzida por uma lipoproteína lipase (promovida no exercício vigoroso). Além do nível aumentado das concentrações de triglicerídeos plasmáticos, glicerol e AGL's pós luta podem se associar a ressíntese de glicogênio muscular via AGL's, bem como a gliconeogênese hepática a partir do glicerol. Com isso, os autores concluem que uma luta de judô, mesmo sendo predominantemente anaeróbia, também estimula o metabolismo lipídico e proteico, solicitando outros substratos e não apenas o glicogênio muscular, que sofre influência multifatorial (estado nutricional e nível de treinamento).

Logo, podemos concluir que: observou-se uma correlação inversa entre massa corporal de atletas mais pesados e PPr nas diferentes categorias de peso. Além de uma relação negativa entre % GC e trabalho realizado no teste de Wingate. Menores valores de PPa e PMa em classes sub-18 em relação às categorias sub-21 e sênior. Porém, quando corrigidas pelo peso corporal, tais variáveis (PPr e PMr) não apresentavam diferenças significativas. Valores de PP e PM em atletas femininas dificilmente são investigados frente à diferença morfofisiológica em comparação aos atletas masculinos. Ainda sobre as variáveis do teste de Wingate, concluiu-se que há grande aptidão anaeróbia e capacidade de realização de trabalho com os MMSS em detrimento dos MMII em judocas. Além de maior contribuição glicolítica relativa em MMSS dada a maior aptidão anaeróbia em judocas, a diminuição da contribuição glicolítica anaeróbia foi correlacionada com a queda no desempenho na PM e PP no teste de Wingate para MMSS, mesmo com a manutenção dos outros sistemas energéticos (oxidativo e ATP-PCr).

Quando analisadas as contribuições via entradas de golpe sem projeção (*uchi-komi*), encontrou-se valores inferiores de demanda energética absoluta para

técnicas mais simples como *ashi-waza*, com maior número de entradas. Outrossim, o ritmo do entradas não se manteve durante o teste, configurando a menor capacidade de transferência energética a médio prazo dos sistemas anaeróbios absolutos quando os testes ultrapassaram 1'. Utilizando outro teste específico (SJFT), observou-se o predomínio do sistema anaeróbio alático e consideráveis solicitações dos outros dois sistemas (ATP-PCr e oxidativo). Os valores de Lac^- encontrados neste estudo foram semelhantes aos de simulações de lutas e competições oficiais, o que não foi observado no estudo com *uchi-komi*.

Em simulações de luta com diferentes durações, os resultados apontaram para um predomínio da contribuição absoluta do sistema oxidativo em detrimento dos sistemas anaeróbios alático e lático em todas as durações (1º ao 5º minuto). A contribuição relativa do sistema ATP-PCr decaiu significativamente a partir do 3º minuto, com manutenção do sistema glicolítico entre 6 e 10%. Porém, a intensidade do estímulo não foi máxima, não permitindo projeção do adversário ao solo durante a luta. Já em uma competição simulada, composta de quatro combates, os resultados apontaram para um predomínio da contribuição anaeróbia dado os altos valores de Lac^- e glicemia sanguínea. Altas correlações foram encontradas entre o número de ataques em pé e pico de lactato, principalmente no primeiro combate. As altas Lac^- pouco se alteraram entre os combates, onde um intervalo de 14 minutos foi suficiente para uma queda significativa nos valores de Lac^-.

E por fim, em outro estudo que utilizou substratos energéticos que refletissem a ativação dos metabolismos glicolítico, lipolítico e proteico em uma luta de judô, observou-se não somente a solicitação glicolítica, mas também a depleção considerável de substratos do metabolismo lipolítico. Esse achado se opõe ao estudo anteriormente citado e foi justificado pelos autores devido ao estado nutricional dos atletas (ingestão insuficiente de carboidratos), adaptação ao treinamento e estresse metabólico-hormonal.

7.2. CONTRIBUIÇÃO AERÓBIA

O desenvolvimento da aptidão aeróbia também compreende importantes implicações fisiológicas no judô. Mesmo que haja um predomínio do metabolismo anaeróbio lático na modalidade (BRACHT *et al*., 1982; FRANCHINI *et al*., 1998; LITTLE, 1991), o componente aeróbio pode utilizar o O_2 como energia no esforço, tornando a via glicolítica menos solicitada que, por sua vez, propicia menores Lac^-. Ele também se relaciona com a velocidade de remoção do subproduto metabólico da glicólise, agindo como um potente tampão ventilatório, fundamental para o equilíbrio do pH corporal (RIBEIRO, 1995), bem como auxilia a ressintetização de ATP em momentos de pausa no judô (*matê*) onde o consumo de O_2 chega a ser maior nesses curtos períodos de interrupção da luta (JULIO *et al.*, 2017).

Além disso, uma aptidão aeróbia satisfatória permite a recuperação entre lutas quanto a Lac^- (através do ritmo de remoção) (FRANCHINI *et al*., 2004a), fazendo com que a perturbação metabólica do pH tenha menor magnitude sobre o desempenho do judoca nos próximos combates. Isso é fundamental dentro da competição, uma vez que judocas (dependendo da competição e categoria), realizam de 6 a 8 lutas no mesmo dia (TAYLOR, BRASSARD, 1981; CALLISTER *et al*., 1991) como dito anteriormente. Ademais, o $\dot{V}O_{2máx}$ revela informações da capacidade energética do sistema de energia a longo prazo (sistema oxidativo) de captar oxigênio, transportá-lo para as mitocôndrias e auxiliar a produção oxidativa de ATP (LEVINE, 2008).

Em suma, a ressíntese de ATP em estímulos supramáximos ocorre primordialmente pela via anaeróbia (BALSOM *et al*., 1994). Porém, de forma sequenciada (intermitente) como no judô e nos testes intermitentes, a ressíntese de energia é assistida pelo aumento da participação do sistema aeróbio. E, ao longo de esforços supramáximos, mesmo que a contribuição glicolítica seja reduzida drasticamente, tal redução não foi proporcionalmente observada na geração de potência absoluta (BOGDANIS *et al*., 1996). Isso revela a importância tanto da capacidade anaeróbia como da aptidão aeróbia numa tarefa intermitente supramáxima, característica principal da luta de judô (FRANCHINI *et al*., 1999). Os próximos parágrafos discorrerão sobre a contribuição fisiológica e energética

aeróbia, além do perfil aeróbio de judocas, através de testes indiretos, simulações de luta (*randori*) e simulação de competição, à luz das variáveis investigadas.

Quando analisado o perfil aeróbio dos atletas de judô, conclui-se que, mesmo que apresente grande relevância na luta, porém, suas variáveis não determinam o sucesso na modalidade, nem diferenciam atletas de elite e não elite. Isso por não haver diferença significativa entre os valores de $\dot{V}O_{2máx}$ quando compararam judocas de elite e não elite (FRANCHINI *et al*., 2011a), reservas e titulares, bem como valores não tão elevados quando comparados a atletas treinados em resistência (80 a 90 mL/Kg/min em corredores e esquiadores *cross country* (SALTIN, ASTRAND, 1967). Além do mais, a maioria dos judocas avaliados por Franchini *et al*. (2011a) alcançaram valores de $\dot{V}O_{2máx}$ relativo entre 50 e 60 mL/kg/min, e no sexo feminino valores entre 40 e 50 mL/kg/min.

Quando comparadas diferentes classificações de peso e o $\dot{V}O_{2máx}$ dos atletas, nota-se a tendência de diminuição dos valores relativos de $\dot{V}O_{2máx}$, em detrimento do aumento de massa corpórea (THOMAS *et al*., 1989). Porém, atletas da categoria "pesado" apresentaram valores inferiores entre todas as outras categorias, o que não ocorreu no feminino, onde o $\dot{V}O_{2máx}$ foi similar entre todas as categorias de peso. Referente a capacidade aeróbia, estudos reportaram dados referentes à velocidade de limiar anaeróbio (VLan), bem como o limiar ventilatório (LV) (FRANCHINI *et al*., 2011a). Observaram valores semelhantes de VLan em judocas de diferentes níveis, porém, não tão altos quanto atletas treinados em resistência aeróbia, o mesmo ocorrendo no LV, com valores de $\%\dot{V}O_{2máx}$ próximo a indivíduos fisicamente ativos, porém, inferiores a atletas treinados aerobicamente (FRANCHINI *et al*., 2011a).

Franchini *et al*. (1999), buscaram investigar a influência do componente aeróbio sobre uma tarefa anaeróbia lática intermitente, em dois grupos de judocas com maiores e menores aptidões aeróbias, sob as variáveis $\dot{V}O_{2pico}$ e VLan e um teste de Wingate. Eles não diferiam significativamente entre PPr e PMr, indicando a mesma capacidade anaeróbia, porém, o grupo de aptidão aeróbia inferior eram mais pesados. Embora PMr semelhantes, o grupo com aptidão aeróbia superior tendia a maiores valores de PMr no 2º e 3º teste, indicativo de uma possível influência da aptidão aeróbia na no desempenho anaeróbio intermitente. Além disso, apresentou-se uma relação inversa entre VLan e Lac^- indicando que indivíduos com maior capacidade aeróbia podem finalizar o teste com menor Lac^-. Bem como maior

produção de trabalho anaeróbio intermitente pelo grupo de aptidão aeróbia superior, mesmo com capacidade e potência anaeróbia semelhantes no teste, podendo estar associada a uma maior taxa de utilização da via aeróbia nos testes subsequentes como alternativa a diminuição da participação glicolítica (FRANCHINI, 1999).

Outrossim, alguns autores compararam a potência de MMSS e de MMII no teste de Wingate e testes progressivos máximos (FRANCHINI *et al*., 2004b; JULIO *et al*., 2019). Observou-se uma menor potência aeróbia em MMSS em comparação à MMII, estabelecendo uma razão de 47,6% de potência aeróbia absoluta produzida pelos MMSS em relação a potência gerada pelos MMII no teste de carga progressiva até à exaustão. Além de observarem uma relação negativa na razão MMSS e MMII porém, em menor magnitude, no teste de Wingate, onde a capacidade de potência anaeróbia gerada pelos MMSS era de 67,4% da PP gerada pelos MMII e 62,1% da PM. Além de uma menor razão PP anaeróbia e potência aeróbia para MMII em detrimento dos MMSS (3.32 ± 0,86 e 4,60 ± 0,95 respectivamente) (FRANCHINI *et al*., 2004b).

Algumas implicações fisiológicas podem justificar a menor potência aeróbia em MMSS em relação aos MMII, como menor massa muscular envolvida, (menor tendência a realizar trabalho), menor capacidade oxidativa devido a diferença morfológica de porcentagem de fibras musculares na parte superior do corpo e menor perfusão sanguínea desses grupamentos musculares (SAWKA, 1986). Essa diferença percentual, com a predominância de fibras de contração rápida nos MMSS também pode justificar a maior razão de potência entre MMSS e MMII, bem como a especificidade da modalidade, que promove uma maior solicitação e treinamento predominantemente anaeróbio dessa parte do corpo em relação aos MMII (HORSWILL *et al*., 1992).

Esses achados reafirmam a importância do metabolismo aeróbio na modalidade, porém não é um componente desenvolvido como em atletas de elite treinados em resistência, e nem um fator determinante para o desempenho na modalidade (FRANCHINI *et al.*, 2011a). Além do mais, não observaram correlação entre valores de $\dot{V}O_{2pico}$ muito elevados e uma possível vantagem na luta (FRANCHINI *et al*., 2001). Além de uma possível concorrência negativa entre estímulos que promovam a potência aeróbia e a força/potência muscular, podendo prejudicar o desenvolvimento desses componentes anaeróbios fundamentais na

modalidade (DUDLEY, FLECK, 1987; HICKSON, 1980). Sendo assim, a aptidão da capacidade aeróbia é fundamental na modalidade para melhora no desempenho, desde que não interfira negativamente na aptidão anaeróbia (FRANCHINI, 2001).

Os próximos dois estudos discutidos utilizaram novamente o teste de Wingate na modalidade. O primeiro (FRANCHINI *et al*., 2016) realizou quatro testes de Wingate para MMSS, a fim de compreender a contribuição energética na intervenção. A análise fisiológica referente ao sistema oxidativo foi feita pelas variáveis FC e $\dot{V}O_2$ tanto na fase ativa ($\dot{V}O_{2pico}$ e FC_{pico}) quanto no intervalo, além de considerarem o $\dot{V}O_2$ durante o exercício para estimarem a contribuição do sistema referido. Valores inferiores de $\dot{V}O_2$ foram reportados nas duas primeiras sessões em detrimento da terceira e quarta, com o $\dot{V}O_{2pico}$ e FC_{pico} sem alterações significativas entre os 4 testes.

Quando considerado o gasto energético absoluto, observou-se um predomínio do sistema oxidativo em detrimento do glicolítico na terceira e quarta sessão, onde o sistema glicolítico predominou até a segunda sessão, sendo superado pelo sistema ATP-PCr a partir da terceira sessão de teste. Em relação ao gasto energético relativo na mesma sessão, o sistema glicolítico também apresentou menor contribuição comparado aos outros dois sistemas, onde o sistema ATP-PCr superou a contribuição do sistema oxidativo nesta última série. Os autores argumentam que a queda de desempenho ao longo dos testes (PM e PP) podem estar altamente relacionadas à menor contribuição glicolítica. Pois mesmo que a ressíntese parcial de ATP-PCr foi assistida pela manutenção da contribuição dos sistemas ATP-PCr e oxidativo, tais sistemas não foram capazes de manter os valores dessas variáveis a níveis satisfatórios.

Já o segundo estudo (JÚLIO *et al*., 2019) utilizou em sua intervenção dois tipos de testes para MMSS e MMII. Foram eles um teste incremental máximo e Wingate, a fim de comparar as contribuições energéticas predominantes, além das variáveis mecânicas utilizadas (PP e PM e suas variações) e sua relação com os testes de Wingate para MMSS e MMII. Isso porque há diferenças morfofisiológicas entre as partes inferiores e superiores, como tamanho, composição de fibras musculares e consumo de oxigênio. As variáveis analisadas para a contribuição aeróbia foram $\dot{V}O_2$ durante e após seis minutos em ambos os testes. A potência aeróbia máxima (PAM) foi a maior carga alcançada no teste incremental e o $\dot{V}O_2$ foi

mensurado durante ambos testes. Além disso foram considerados o valor de $\dot{V}O_2$ (contribuição oxidativa), para o cálculo da contribuição energética relativa e absoluta.

O sistema oxidativo obteve a menor participação energética relativa e absoluta dentre os três sistemas nos testes de Wingate, tanto para MMSS quanto para MMII. Em relação às variáveis mecânicas e fisiológicas, os resultados apontaram para maiores valores de PAM e $\dot{V}O_{2pico}$ no teste de Wingate para MMII. Quando comparados os testes de Wingate entre os membros, observou-se uma contribuição energética relativa semelhante do sistema oxidativo que contribuiu em 21% e 23% para MMSS e MMII, respectivamente. A contribuição do sistema em questão foi correlacionada com o desempenho do Wingate para MMSS. Isso porque as lutas de judô apresentam grande ativação dessa parte do corpo em disputas de pegada durante a maioria do tempo da luta, com poucos momentos de pausa, dada a estrutura temporal da luta.

No estudo de Franchini *et al*., (2011b), que analisou a contribuição energética durante o SJFT, observou-se um aumento gradual do $\dot{V}O_2$ com predomínio do consumo de oxigênio na última fase (fase C = 30'') do teste, correspondendo a 83,3% ± 1,3% do $\dot{V}O_{2máx}$ do teste realizado em esteira. Além disso, obteve-se correlação entre valores de Lac^- e $\dot{V}O_2$ do SJFT com situações de combate, concluindo que o teste reproduz a demanda glicolítica e oxidativa nas lutas reais (DETANICO, SANTOS, 2012b). Considerando o índice do teste, os valores apresentados foram insatisfatórios para FC imediatamente e 1' após (correlação com a potência aeróbia), porém o $\dot{V}O_{2máx}$ (56,42 ± 3.61mL·kg–1·min^{-1}) apresentando similaridade com judocas de nível olímpico (52,9 ± 4,4 mL·kg–1·min^{-1}).

O $\dot{V}O_{2máx}$ médio encontrado durante o SJFT (43,90 ± 5,64 mL·kg–1·min^{-1}), mensurado em repouso, durante o teste e 6' após o término, apresentou valores de referência fidedignos para mensurar a demanda aeróbia da luta de judô. Mas essa variável também pode sofrer influência dependendo da estrutura do teste (duração, intervalo, frequência de quedas) e do nível de condicionamento. Assim como a utilização da FC, que pode sofrer influência multifatorial, obrigando o ambiente a ser muito bem controlado para minimizar a alteração da FC por fatores externos (FRANCHINI *et al*., 2011b), bem como a FC de recuperação não se relacionar com índices de capacidade aeróbia, que pode estar mais associada a mecanismos neurais e centrais. Pode-se assim concluir o predomínio da contribuição anaeróbia

alática absoluta e relativa, sem diferenças significativas entre o sistema oxidativo e anaeróbio lático.

Em outro protocolo específico, utilizando diferentes entradas de golpe e estruturas temporais, Franchini, Panissa, Júlio (2013a) não observaram efeitos do tipo de técnica no $\dot{V}O_2$ em pausa. Porém, houve efeito da estrutura tempo no $\dot{V}O_2$ no esforço, com valores maiores nos protocolos de 10'' e, detrimento dos de 30''. A justificativa para maiores valores de $\dot{V}O_2$ nos protocolos de 10'' em detrimento dos mais longos podem se relacionar com o maior número de séries, promovendo maiores acelerações e desacelerações no exercício. Além da correlação entre o gasto energético e a técnica, onde o gasto foi maior na técnica de *seoi-nage* em relação ao *ouchi-gari*, e o aumento do $\dot{V}O_2$ e da FC ao longo dos três minutos. A diminuição da contribuição glicolítica nas sucessivas entradas e a recuperação inadequada nos estoques de creatina-fosfato podem se relacionar com a diminuição do número de entradas ao longo do tempo, refletindo no aumento do $\dot{V}O_2$.

Utilizando a simulação de lutas de judô, Júlio *et al*. (2017) estimaram a contribuição dos três sistemas energéticos. Eles reportaram que o $\dot{V}O_2$ apresentou maiores valores nos períodos de pausa do que nos períodos de esforço, bem como maiores valores no quarto minuto em comparação ao primeiro e ao segundo, sendo o terceiro e quarto minutos maiores que o quinto. A FC obteve maiores valores no primeiro em comparação ao quinto minuto. A respeito da contribuição energética absoluta, duração e sistemas envolvidos, os principais achados apontaram para uma prevalência do sistema oxidativo na demanda energética nas lutas de judô desde o primeiro até o último minuto, quando comparado aos sistemas anaeróbios. A predominância desse sistema aumentava com o aumento das durações dos combates. Quando analisada a contribuição energética relativa, houveram maiores contribuições do sistema oxidativo em detrimento dos sistemas ATP-CP e glicolítico.

Em suma, observou-se um aumento considerável na contribuição relativa ao longo do tempo para o sistema oxidativo (50% para 81%). Essa dinâmica energética pode ser explicada pela incapacidade dos sistemas de curto prazo como ATP-PCr e glicolítico lático de restabelecerem valores minimamente satisfatórios de resíntese de ATP bem como remoção de substratos metabólicos, respectivamente. O sistema oxidativo auxilia justamente na restauração mínima do sistema ATP-PCr principalmente nos períodos de pausa (*matê*), onde os valores de $\dot{V}O_2$ eram maiores

nesses períodos em comparação ao período de luta propriamente dito, além da participação na remoção de lactato e tamponamento, na tentativa de manutenção da homeostase do pH.

Um dos objetivos do estudo ao utilizar diferentes durações de luta foi avaliar a contribuição dos sistemas ao decorrer de todo período da luta (primeiro ao quinto minuto), interpretando de forma mais fidedigna a demanda fisiológica e perfil metabólico da luta em sua totalidade. Porém, uma das limitações desse trabalho é a intensidade dos estímulos possivelmente apresentarem menor magnitude, onde a demanda fisiológica é menor em simulações se comparadas a lutas oficiais. Além da impossibilidade de derrubar o oponente no solo (apenas técnicas de desequilíbrio e entrada de golpe) e o desenvolvimento na luta apenas em pé. Isso pode ter influenciado diretamente a avaliação do sistema glicolítico, que juntamente com o número de ataques não se alteraram. Outros estudos (SIKORSKI *et al*. 1987; CAVAZANI 1991; FRANCHINI *et al*., 2011b; 2013b; 2016) já apontaram valores muito mais altos de Lac^- em diferentes situações avaliadas.

O trabalho de Stavrinou, Argyrou, Hadjicharalambous (2016), investigou as respostas fisiológicas em uma competição simulada de judô e obtiveram algumas considerações frente à contribuição aeróbia. O número total de ataques sucessivos, Lac^-, $\dot{V}O_{2máx}$ e ataques em pé, apresentou baixa correlação neste estudo. A porcentagem de depuração do lactato também não apresentou correlação com o $\dot{V}O_{2máx}$. Porém, a alta taxa de depuração de lactato pode se relacionar com enzimas do metabolismo oxidativo, volume mitocondrial e capilar, segundo os autores. Além disso, nenhuma correlação entre o nº de ataques (totais, em pé e no solo) e o $\dot{V}O_{2máx}$ foi obtida. Um alto estresse cardiovascular (FC) foi observado, com valores médios imediatamente ao fim da luta próximos ou acima de 90% da $FC_{máx}$ prevista para a idade, com uma queda significativa entre o 3º e 14º minuto, reforçando achados que analisam a $FC_{máx}$ em lutas simuladas e *randori*.

Porém, diferentemente da Lac^-, a FC não apresentou uma recuperação satisfatória (para valores basais), mesmo que houvesse queda significante da mesma a partir do 3º minuto pós combate. Além da recuperação insatisfatória pela PSE entre os intervalos de luta. Referente a contribuição energética através dos marcadores de substratos na luta simulada, baixas taxas de lipólise no estudo foram encontradas, diferente dos resultados de Degoutte, Jouanel, Filaire (2003). Porém,

nesse estudo referido, os autores justificam tal achado pelo o nível insatisfatório de ingestão de carboidratos dos atletas e o efeito do treinamento. Por fim, uma das limitações desse estudo foi a ausência de marcadores diretos para a contribuição aeróbia, sendo o $\dot{V}O_{2máx}$ mensurado em um teste preliminar antes da intervenção.

O estudo supracitado (DEGOUTTE, JOUANEL, FILAIRE, 2003) analisou a utilização de substratos na demanda energética em uma luta de judô. Ele utilizou variáveis aeróbias como o monitoramento da FC durante a luta e valores referentes ao $\dot{V}O_{2máx}$ obtidos via teste incremental máximo, em cicloergômetro, com analisador de gases. Nas amostras sanguíneas, avaliando o perfil de lipoproteínas e lipídeos, observou-se um aumento significativo da atividade lipolítica após o 3º minuto (T2), principalmente no HDL-c e colesterol total, que diminuiu gradativamente a níveis basais em 24 horas (T4), sem alteração significativa do LDL-c. A FC nas lutas atingiu 92% da $FC_{máx}$. Algumas hipóteses podem justificar a influência da luta nas concentrações sanguíneas de AGL's, triglicerídeos e glicerol. Uma delas é a duração total da intervenção (que incluiu aquecimento de 20 minutos), uma vez que exercícios aeróbios de intensidade moderada e treinamento de resistência podem aumentar as concentrações sanguíneas de AGL's e HDL-c, respectivamente.

Em suma, pode-se considerar que a capacidade e potência aeróbia ($\dot{V}O_{2máx}$ e VLan) é importante para a modalidade, porém, não é determinante para o sucesso nos combates, dados os valores de $\dot{V}O_{2máx}$ de judocas de elite serem inferiores a atletas treinados em resistência e outras modalidades de *endurance*. Além disso, observou-se uma relação negativa entre o aumento da massa corporal e o $\dot{V}O_{2máx}$ em atletas masculinos, o que não se configurou entre as atletas femininas, que pouco diferiram entre as classes de peso. Uma das vantagens observadas em judocas com maior capacidade aeróbia em detrimento de outros judocas foi apresentar menores Lac^- ao final de esforços intermitentes, bem como maior produção de trabalho anaeróbio intermitente.

Também observou-se uma capacidade reduzida de potência aeróbia absoluta em MMSS em testes progressivos máximos comparados a testes com MMII. Isso se justifica pela diferença morfológica (menor massa muscular) aliada a uma menor capacidade oxidativa da parte superior do corpo. Além de uma menor diferença na produção de PP e PM aeróbia com MMSS em teste de Wingate quando comparada a uma maior razão dessas variáveis mecânicas em valores com MMII. Os menores

valores de potência aeróbia para MMSS tanto em teste de Wingate quanto em testes incrementais reforçam a maior capacidade anaeróbia dos MMSS devido a predominância de fibras musculares do tipo IIa e IIb, solicitadas de forma mais acentuada na modalidade (seja no treinamento quanto em competição) em detrimento da capacidade aeróbia.

Em testes de Wingate, ao observarem as variáveis aeróbias, bem como a contribuição oxidativa, quando realizados quatro testes de Wingate para MMSS, foram reportadas contribuições absolutas e relativa oxidativas maiores nas duas últimas sessões em detrimento do sistema glicolítico. Porém, mesmo com maiores contribuições oxidativas e predomínio do sistema ATP-PCr, tais sistemas não conseguiram manter o desempenho de PP e PM nos testes, reforçando a importância do sistema glicolítico nessas variáveis mecânicas. Quando realizados apenas um teste de Wingate para ambos membros, os resultados divergiram. Reportaram menor contribuição oxidativa relativa e absoluta em comparação aos outros dois sistemas, tanto para MMSS quanto MMII. Porém, é importante ressaltar que a luta de judô pode se estender por vários minutos (mais que apenas uma sessão de Wingate), sendo assim, a contribuição oxidativa tende a aumentar com a maior duração da luta, como visto nas quatro sessões de teste de Wingate.

Em testes específicos, como no SJFT, concluiu-se que a contribuição oxidativa predominou na última fase do teste em atletas de diferentes categorias. Porém, a potência aeróbia foi insatisfatória de acordo com o índice do teste, com $\dot{V}O_{2máx}$ (capacidade aeróbia) semelhante a atletas de nível olímpico, reforçando a tese de que as variáveis referentes ao componente aeróbio são importantes na modalidade, porém, não são decisivos para o desempenho. No protocolo intermitente de entradas de golpe sem projeção, o protocolo com menor estrutura de tempo (18 x 10''/10'') por séries apresentou efeito no $\dot{V}O_2$ (maiores valores) em detrimento de protocolos de 30''/30''. Esse achado é antagônico aos estudos com SJFT, com a duração de 30'', onde foi observada maior contribuição aeróbia. Porém, o número de séries do SJFT é muito menor se comparado ao protocolo de *uchi-komi*, com menos acelerações/desacelerações e apresenta fase de deslocamento.

Quando analisadas lutas simuladas em diferentes durações, reportou-se predomínio da contribuição relativa e absoluta do sistema oxidativo em detrimento

do glicolítico lático e alático (ATP-PCr) em todas as durações. Mesmo que a justificativa principal seja a incapacidade de ressíntese de estoques de ATP via sistemas glicolítico e ATP-PCr no curto período de pausa, uma das limitações principais deste estudo é a diminuição da intensidade real de luta (impossibilidade de derrubar o adversário), que pode ter afetado a mensuração da demanda energética de uma luta. Em uma simulação de competição, observou-se alto estresse cardiovascular (FC) com recuperação insuficiente da FC após 14'. Além da alta taxa de depuração de lactato (retorno a níveis basais após 14') correlacionada com fibras musculares de alta capacidade oxidativa, enzimas oxidativas e volume mitocondrial dos atletas.

E por fim, ao observar a contribuição energética via marcadores de substratos, observou-se em dois estudos, dados antagônicos. No estudo citado anteriormente, não foram observadas taxas de lipólise significativas em uma luta de judô. O que contrasta com estudos de Degoutte, Jouanel, Filaire (2003), que observou a participação significativa do catabolismo lipolítico em uma luta de judô. Tais dados podem ser justificados pela ingestão insatisfatória de carboidratos na dieta dos participantes no período da intervenção, além de adaptação metabólica e ao treinamento específico.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse presente trabalho no que se refere às contribuições energéticas e fisiológicas na luta de judô, pode-se concluir que judocas apresentam elevada aptidão e capacidade anaeróbia, evidenciadas em testes indiretos supramáximos como o Wingate, havendo predomínio da contribuição glicolítica relativa nesses testes, principalmente para MMSS em detrimento dos MMII. Porém, as variáveis mecânicas obtiveram maiores valores em testes para MMII (PP e PM). A queda de desempenho (IF) também se correlacionou com a depleção/diminuição da participação glicolítica na dinâmica energética, uma vez que, mesmo amparada pelos outros dois sistemas (ATP-PCr e oxidativo), observaram diminuição de PP e PM. Houve também predominância da contribuição anaeróbia alática em teste específico (SJFT) corroborando com os estudos de Wingate para MMSS e MMII nos estágios finais do teste, que apresentou maior contribuição do sistema ATP-PCr.

Em testes utilizando *uchi-komi*, também observou-se queda de desempenho (número de entradas) após protocolo que ultrapassou 1' de duração, evidenciando a capacidade limitada de transferência energética a médio prazo dos sistemas anaeróbios absolutos. Além de valores de Lac^- inferiores a protocolos máximos e lutas de competição. Já em um estudo que utilizou lutas simuladas em diferentes durações, foi relatado predomínio do sistema oxidativo em todas as durações. Porém, nesses protocolos as lutas não poderiam ter quedas e um atleta foi avaliado por vez, o que diminuiu a intensidade do estímulo e provavelmente a contribuição dos sistemas energéticos. Resultados diferentes quando comparados aos testes supramáximos de Wingate, com predominância do sistema glicolítico no início e do sistema ATP-PCr ao final dos estágios e pouca variação da contribuição do sistema oxidativo.

Em uma simulação de competição, observou-se através da utilização de substratos que refletem as vias energéticas, o predomínio da via anaeróbia lática através da alta solicitação glicolítica (aumento das concentrações de glicose sanguínea e lactato). E em luta de judô, concluiu-se que o substrato glicolítico não foi o único que apresentou depleções significativas, mas também alta taxa do sistema lipolítico, que foi justificado pela dieta insatisfatória de carboidratos dos participantes, além de adaptação metabólica (hormonal) e ao treinamento.

Referente à aptidão aeróbia, conclui-se que a mesma é importante na modalidade, porém, não é um fator determinante na luta, uma vez que não foram reportados valores de $\dot{V}O_{2pico}$ muito elevados com uma possível vantagem na luta, nem valores elevados de $\dot{V}O_{2máx}$ em judocas de alto nível (FRANCHINI *et al*., 2011a). Além de uma relação inversamente proporcional entre $\dot{V}O_2$ e peso corporal, não havendo diferenças significativas entre judocas femininas. Possíveis vantagens na luta do ponto de vista metabólico e fisiológico estão associados a maior capacidade de ressíntese de ATP, maiores reservas de ATP-PCr, maior tolerância ao esforço (maiores valores de VLan), capacidade aeróbia satisfatória para auxiliar na ressintetização parcial de ATP, remoção de substratos metabólicos e sustentação do esforço durante a luta e menores valores de Lac^- ao final de esforços de alta intensidade.

Em testes progressivos máximos, observou-se a menor capacidade (potência aeróbia absoluta) de MMSS em detrimento de MMII, e de PP e PM aeróbia nos testes de Wingate quando comparados à parte inferior do corpo dos judocas. Tais achados foram justificados pela diferença morfológica, principalmente do predomínio de fibras musculares em diferentes proporções em MMSS e MMII. Quando aplicados mais de um teste de Wingate para MMSS, reportou-se predomínio da contribuição energética oxidativa absoluta e relativa nas últimas duas sessões de teste em detrimento do sistema glicolítico, com queda significativa a partir da terceira sessão. Resultados que divergiram quando utilizaram apenas uma sessão de Wingate para MMSS e MMII, onde a contribuição glicolítica absoluta e relativa obteve predomínio sobre os outros dois sistemas analisados para ambas partes do corpo. Também foi observado em fases finais de outros testes (SJFT) o predomínio da contribuição oxidativa.

9. REFERÊNCIAS

1. AMORIM, A. R.; DRIGO, A. J.; KOKUBUN, E. Treinamento intermitente no Judô e lactato sanguíneo. In SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE. Anais, São Paulo, p. 87, 1994.

2. ARRUZA, G.; *et a*l. Esfuerzo percibido y frecuencia cardiaca: El control de la intensidad de los esfuerzos en el entrenamiento de judo. **Revista de psicología del deporte**, v. 5, n. 2, p. 29-40, 1996.

3. BALSOM, P. D.; EKBLOM, B.; SJÖDIN, B. Enhanced oxygen availability during high intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentrations in blood. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 150, n. 4, p. 455-456, 1994.

4. BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. **Sports Medicine**, v. 4, n. 6, p.381-394, 1987.

5. BILLAT, L. V. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. **Sports medicine***,* v. 22, n. 3, p. 157-75, 1996.

6. BOGDANIS, G. C. *et al*. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 80, n. 3, p. 876-884, 1996.

7. BROOKS, G. A. Intra and extra-cellular lactate shuttles. **Medicine and Science in Sports Exercise,** v. 32, n. 4, p. 790–799, 2000.

8. CALLISTER, R. *et al*. Physiological characteristics of elite judo athletes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 12, n. 02, p. 196-203, 1991.

9. CARITÁ, R. A. C. *et al*. Componente lento da cinética do VO2: determinantes fisiológicos e implicações para o desempenho em exercícios aeróbios. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Rio Claro, SP, Brasil, v. 16, n. 2, p. 233-246, 2014.

10. CAVAZANI, R. N. Lactato antes e após sucessivos combates de judô. **Monografia Bacharelado em Educação Física. Rio Claro (SP): Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista**, 1991.

11. DEGOUTTE, F.; JOUANEL, P.; FILAIRE, E. Energy demands during a judo match and recovery. **British Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 3, p. 245-249, 2003.

12. DETANICO, D.; SANTOS, S. G. Avaliação específica no judô: uma revisão de métodos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 14, p. 738-748, 2012a.

13. DETANICO, D. *et al*. Relationship of aerobic and neuromuscular indexes with specific actions in judo. **Science & Sports**, v. 27, n. 1, p. 16-22, 2012b.

14. DRIGO, A. J. *et al*. Demanda metabólica em lutas de projeção e de solo no judô: estudo pelo lactato sanguíneo. **Motriz. Journal of Physical Education. UNESP**, v. 2, n. 2, p. 80-85, 1996.

15. DUDLEY, G. A.; FLECK, S. J. Strength and endurance training are they mutually exclusive? Sports 24. **Medicine**, v. 4, n. 79-85, p. 25, 1987.

16. FOSS, M. L.; KETEYIAN, S. J. **Fox: bases fisiológicas do exercício e do esporte**. Guanabara Koogan, 2000.

17. FRANCHINI, E. *et al*. Influência da aptidão aeróbia sobre o desempenho em uma tarefa anaeróbia lática intermitente. **Motriz – Revista de Educação Física da UNESP - Rio Claro**, v. 5, n. 1, p. 58-66, jun. 1999.

18. FRANCHINI, E. **Judô: Desempenho competitivo**. 1ª ed., Barueri, SP: Manole, p. 254, ISBN 85-204-1187-8, 2001.

19. FRANCHINI, E. *et al*. Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 43, n. 4, p. 424-431, 2003.

20. FRANCHINI, E. *et al*. Nível competitivo, tipo de recuperação e remoção do lactato após uma luta de judô. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 6, n. 1, p. 7-16, 2004a.

21. FRANCHINI, E. *et al*. Potência aeróbia e anaeróbia para membros superiores e inferiores em judocas. **III Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte**, 2004b.

22. FRANCHINI, E. *et al*. Physical fitness and anthropometrical differences between elite and non-elite judo players. **Biology of sport**, v. 22, n. 4, p. 315, 2005a.

23. FRANCHINI, E. *et al*. Performance responses to a periodized judo program. **Annals of the 4th World Judo Research Symposium**. Cairo: International Judo Federation, p. 24-25, 2005b.

24. FRANCHINI, E. *et al*. Physiological profiles of elite judo athletes. **Sports Medicine**, v. 41, n. 2, p. 147-166, 2011a.

25. FRANCHINI, E. *et al*. Energy system contributions to the special judo fitness test. **International journal of sports physiology and performance**, v. 6, n. 3, p. 334-343, 2011b.

26. FRANCHINI, E.; ARTIOLI, G. G.; BRITO, C. J. Judo combat: Time-motion analysis and physiology. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 13, n. 3, p. 624-641, dez. 2013a.

27. FRANCHINI, E.; PANISSA, V. L.; JULIO, U. F. Physiological and performance responses to intermittent Uchi-komi in Judo. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 4, p. 1147-1155, 2013b.

28. FRANCHINI, E.; TAKITO, M. Y.; KISS, M. A. P. D. Performance and energy systems contributions during upper-body sprint interval exercise. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 12, n. 6, p. 535-541, 2016.

29. FRANCHINI, E. Upper-body Wingate test classificatory table for adult judo athletes. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 15, n. 1, p. 55-59, 2019.

30. FOX, S. I. Human Physiology. **McGraw-Hill**, Nova York, ed. 12, 2010.

31. GARIOD, L. *et al*. Évaluation du profil énergétique des judokas par spectroscopie RMN du P31. **Science & Sports,** v. 10, n. 4, p. 201-207, 1995.

32. GARBER, C. E. *et al*. American College of Sports Medicine position stand: Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, ed. 7, p. 1334-1359, jul. 2011.

33. GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports medicine**, v. 31, n. 10, p. 725-741, 2001.

34. GLADDEN, L. B. Muscle as a consumer of lactate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 4, p. 764-771, 2000.

35. GLADDEN, L. B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. **The Journal of Physiology,** Auburn, AL, EUA, v. 558, n. 1, p. 5-30, 24 jun. 2004.

36. HEYWARD, V. H. **Avaliação física e prescrição de exercícios: Técnicas avançadas**. 6ª Ed. rev. Porto Alegre, RS, Brasil: Artmed, p. 485. ISBN: 978-85-363-2623-8, 2013.

37. HICKSON, R. C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 45, n. 2, p. 255-263, 1980.

38. HORSWILL, C. A. *et al*. Anaerobic and aerobic power in arms and legs of elite senior wrestlers. **International journal of sports medicine**, v. 13, n. 08, p. 558-561, 1992.

39. HULTMAN, E. *et al.* Energy metabolism and fatigue during intense muscle contraction. **Biochemical Society Transactions**, v. 19, n. 2, p. 347-353, 1991.

40. INTERNATIONAL JUDO FEDERATION. Sport and Organization Rules of the International Judo Federation. p. 110, 9 mar. 2022. Disponível em: <https://rules.ijf.org/>, Acesso em: 14 de setembro de 2022.

41. JULIO, U. F. *et al*. Energy System Contributions in Upper and Lower Body Wingate Tests in Highly Trained Athletes. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 90, n. 2, p. 244-250, 2019.

42. JULIO, U. F. *et al*. Energy System Contributions to Simulated Judo Matches. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, São Paulo, Brasil, v. 12, n. 5, p. 676-683, 12 mai. 2017.

43. KIENS, B. *et al*. Skeletal muscle substrate utilization during submaximal exercise in man: effect of endurance training. **The Journal of physiology**, v. 469, n. 1, p. 459-478, 1993.

44. KIM, J. *et al*. Influence of performance level on anaerobic power and body composition in elite male judoists. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 5, p. 1346-1354, 2011.

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

46. LEHNINGER, A. L. Bioenergetics. 2ª ed. New York, 1971.

47. LEVINE, B. D. VO2max: what do we know, and what do we still need to know?. **The Journal of Physiology**, Dallas, Texas, EUA, v. 586, n. 1, p. 25-34, 2008.

48. LITTLE, N. G. Physical performance attributes of junior and senior women, juvenile, junior, and senior men judokas. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 31, n. 4, p. 510-520, 1991.

49. MAUD, P.; SHULTZ, B. B. Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 60, n. 2, p. 144-151, 1989.

50. MCARDLE, W. D.; KATCH, I. L.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício –** Nutrição, Energia e Desempenho humano. 8ª ed. atual. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, p. 1057, ISBN: 978-85-277-2986-4, 2016.

51. MEYER, T. *et al*. A Conceptual Framework for Performance Diagnosis and Training Prescription from Submaximal Gas Exchange Parameters: Theory

and Application. **International Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 26, p. S38-S48, fev. 2005.

52. MIARKA, B. *et al*. Técnica y táctica en judo: una revisión. **Revista de Artes Marciales Asiáticas**, v. 5, n. 1, p. 91-112, 2010.

53. MORALES, J. *et al*. Use of heart rate variability in monitoring stress and recovery in judo athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 7, p. 1896-1905, 2014.

54. MURAMATSU, S. *et al*. The relationship between aerobic capacity and peak power during intermittent anaerobic exercise of judo athletes. **Bulletin of the Association for the Scientific Study on Judo**, v. 8, p. 151-160, 1994.

55. MURGATROYD, S. R. *et al*. Pulmonary O2 Uptake kinetics as a determinant of high-intensity exercise tolerance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 6, p. 1598-1606, 2011.

56. NUNES, A. V. As dificuldades de avaliação de atletas de judô de elite. **Revista Perfil.** Porto Alegre, RS, n. 1 (1997), p. 13-23, 1997.

57. POOLE, D. C. O2 slow component: physiological and functional significance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 26, n. 11, p. 1354-1358, 1994.

58. PORTO, C. C. **Exame clínico: bases para a prática médica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004

59. RAMOS, L. *et al*. Análise da variabilidade da frequência cardíaca em atletas de judô. **Revista Brasileira de Reabilitação e Atividade Física**, v. 2, n. 1, p. 15-21, 2013.

60. RIBEIRO, J. P. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício: Aspectos fisiológicos e metodológicos. **Arquivos brasileiros de cardiologia.** São Paulo. Vol. 64, n. 2, p. 171-181, 1995.

61. RICHTER, E. A. *et al*. Skeletal muscle glucose uptake during dynamic exercise in humans: role of muscle mass. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 254, n. 5, p. E555-E561, 1988.

62. ROBERTS, D.; SMITH, D. J. Biochemical Aspects of Peripheral Muscle Fatique: a review. **Sports Medicine**, v.7, p.125-138, 1989.

63. SALTIN, B.; ASTRAND, P. O. Maximal oxygen uptake in athletes. **Journal of applied physiology**, v. 23, n. 3, p. 353-358, 1967.

64. SANCHIS, C. *et al*. Una experiencia en la valoració fisiológica de la competició de Judô. **Apunts: Medicina de l'esport**, v. 28, n. 107, p. 51-58, 1991.

65. SARAIVA, B. T. C. *et al*. Cardiovascular effects of 16 weeks of martial arts training in adolescents. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 24, n. 3, p. 212-215, 2018.

66. SAWKA, M. N. Physiology of upper body exercise. **Exercise and Sports Science Reviews**, v. 14, n. 1, p. 175-212, 1986.

67. SIKORSKI, W. *et al*. Structure of the contest and work capacity of the judoist. **Proceedings of the International Congress on Judo Contemporary Problems of Training And Judo Contest**, Spala, Polônia, p. 58-65, 1987.

68. SMITH, J. C.; HILL, D. W. Contribution of energy systems during a Wingate power test. **British Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 4. p. 196-199, 1991.

69. STAVRINOU, S.; ARGYROU, M.; HADJICHARALAMBOUS, M. Physiological and metabolic responses during a simulated judo competition among cadet athletes. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 16, n. 3, p. 848-859, 2016.

70. STERKOWICZ, S.; RUKASZ, W. Analysis of the Training of workload plan for judo competitors. **Cracow Academy of Physical Education**, 1998.

71. SUMIDA, K. D. *et al*. Enhanced gluconeogenesis from lactate in perfused livers after endurance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 74, n. 2, p. 782-787, 1993

72. TABATA, I. *et al*. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 29, n. 3, p. 390-395, 1997.

73. TAYLOR, A. W. et al. A physiological profile of the Canadian judo team. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 21, n. 2, p. 160-164, 1981.

74. THOMPSON, D. L. *et al.* Substrate use during and following moderate- and low-intensity exercise: implications for weight control. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 78, n. 1, p. 43-49, 1998.

75. TRUMP, M. E. *et al*. Importance of muscle phosphocreatine during intermittent maximal cycling. **Journal of Applied Physiology**, v. 80, n. 5, p. 1574-1580, 1996.

76. TSCHAKOVSKY, M. E.; HUGHSON, R. L. Interaction of factors determining oxygen uptake at the onset of exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 4, p. 1101-1113, 1999.

77. THOMAS, S. G. *et al*. Physiological profiles of the Canadian National Judo Team. **Canadian journal of sport sciences Journal Canadien des Sciences du Sport**, v. 14, n. 3, p. 142-147, 1989.

78. XU, F.; RHODES, E. C. Oxygen Uptake Kinetics During Exercise. **Sports Medicine**, Vancouver, Canadá, p. 313-327, 27 mai. 1999.

10. ANEXO

Quadro 3 - Diferentes estudos que investigaram a relação esforço-pausa na estrutura temporal em diferentes competições de judô.

Autores	Competidores	Atividade (Segundos)	Pausa
Castarlenas & Planas (1997)	Mundial Sênior 1991 1992 JJ. OO. Barcelona	18,0 ± 8,5	12,4 ± 4,1
Monteiro (1995)	Europeu Júnior 1994 1º Minuto de combate 2º Minuto de combate 3º Minuto de combate 4º Minuto de combate 5º Minuto de combate	 25,8 ± 7,8 27,0 ± 9,0 27,0 ± 9,7 22,4 ± 9,3 18,9 ± 10,4	 9,5 ± 3,2 10,4 ± 4,5 13,4 ± 7,6 13,2 ± 7,3 13,9 ± 9,0
Sikorski, Mickiewicz, Maje & Laska (1987)	Copa Matsumae 1986 Europeu Júnior 1985	30,0	13,0
Sterkowicz & Maslej (1998)	Campeonato Polonês Sênior 1996	25,1	10,3
Van Maideren, Zinzen, Watthy & Luyen (2006)	Campeonato Bélga Sênior 2004 Feminino Masculino	 19,9 ± 7,3 18,8 ± 9,0	 7,5 ± 6,2 9,13 ± 5,1
Garcia & Torres (2007)	Campeonato Espanhol sub-23 (2006) Feminino Masculino	 14,0 ± 2,0 23,0 ± 6,0	 12,0 ± 4,0 7,0 ± 2,0

Versão livre para a língua portuguesa, por Filho, 2022. Fonte: Miarka, Julio, Del Vecchio, Franchini (2010).