



Educación Física y Ciencia, vol. 22, nº2, e130, abril-junio 2020. ISSN 2314-2561
 Universidad Nacional de La Plata.
 Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
 Departamento de Educación Física

Aspectos biomecânicos e fisiológicos influenciadores no desempenho de judocas

Biomechanical and physiological aspects influencing performance of judokas

Bruno Henrique Antunes Colman

Grupo de Estudos em Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI) –Laboratório de Avaliação Biodinâmica Integrativa / Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Gabriela Bianca de Carvalho

Grupo de Estudos em Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI) –Laboratório de Avaliação Biodinâmica Integrativa / Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Gabrielle Zardo Ansolin

Grupo de Estudos em Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI) –Laboratório de Avaliação Biodinâmica Integrativa / Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Loraine Delfratti Souza

Grupo de Estudos em Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI) –Laboratório de Avaliação Biodinâmica Integrativa / Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Katlen Ludke de Lima

Grupo de Estudos em Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI) –Laboratório de Avaliação Biodinâmica Integrativa / Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Alberito Rodrigo de Carvalho

Grupo de Estudos em Reabilitação Fisioterapêutica com Ênfase em Biodinâmica Integrativa (ReFEBI) –Laboratório de Avaliação Biodinâmica Integrativa / Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
 alberitorodrigo@gmail.com

RESUMO:

Objetivo: Identificar o efeito de variáveis mecânicas e fisiológicas sobre o nível de desempenho no judô, sendo elas: controle do equilíbrio; força de prensão palmar; altura de salto; potência mecânica muscular dos membros inferiores; índices de elasticidade (IE) e de fadiga (IF). Métodos: Amostra composta por 17 atletas de judô, de ambos os sexos, recrutados de forma intencional e não probabilística. Cada voluntário participou de uma bateria de testes realizada em um único encontro. Foi aplicado o teste de desempenho específico de judô Special Judo Fitness Test – SJFT. Na sequência realizou-se medidas de equilíbrio, prensão palmar e os testes de salto para: avaliação da potência mecânica muscular dos membros inferiores; IE e IF. Utilizou-se o Generalized Linear Model (GLzM). Resultados: Apenas a altura no Squat Jump (A_SJ), que apresentou efeito positivo, e o IE, que apresentou negativo, afetaram o desempenho no SJFT. Conclusão: A A_SJ e o IE afetaram o desempenho no SJFT, sendo que maiores alturas de salto SJ predizem um desempenho aprimorado; e maior contribuição da energia elástica, com valores mais altos de IE, prediz um desempenho piorado. As demais variáveis (potência muscular, altura no Counter-Movement Jump, prensão palmar, equilíbrio e IF) não afetaram o desempenho no SJFT.

Recepción: 07 de julio de 2019 | Aprobación: 28 de mayo de 2020 | Publicación: 01 de junio de 2020

Cita sugerida: Colman, B. H. A., Carvalho, G. B., Ansolin, G. Z., Souza, L. D., Lima, K. L. de y Carvalho, A. R. de (2020). Aspectos biomecânicos e fisiológicos influenciadores no desempenho de judocas. *Educación Física y Ciencia*, 22(2), e130. <https://doi.org/10.24215/23142561e130>



PALAVRAS-CHAVE: Esportes, Desempenho atlético, Fenômenos biomecânicos.

ABSTRACT:

Objective: To identify the contribution of a group of mechanical and physiological variables on the level of performance in judo, the variables being: balance control, hand grip strength, jump height, muscle mechanical power of the lower limbs, elasticity (EI), and fatigue index (FI). **Methods:** Seventeen judo athletes of both sexes, recruited intentionally and non-probabilistically. Each volunteer participated in a battery of tests held in a single meeting. After the initial screening, for the identification of exclusion factors, the judo specific performance test Special Judo Fitness Test - SJFT was applied. Hand grip and jumping tests were performed for evaluation of the muscular power of the lower limbs, EI and FI. The Generalized Linear Model (GLzM) was used. **Results:** Only height in Squat Jump (H_SJ), which had a positive effect, and EI, which presented negative effects, affected the performance in the SJFT. **Conclusion:** H_SJ and EI affected performance in SJFT, with higher SJ jump heights predicting improved performance and greater contribution of elastic energy, with higher values of EI, predicting a worse performance. The other variables (muscle power, height in the Counter-Movement Jump, hand grip, balance and IF) did not affect the performance in the SJFT.

KEYWORDS: Sports, Athletics performance, Biomechanical phenomena.

INTRODUÇÃO

O movimento humano é influenciado tanto por forças provenientes do meio ambiente, tais como gravidade e atrito, quanto por forças mecânicas inerentes aos sistemas biológicos, tais como aquelas produzidas pelos componentes neuromusculares durante a contração muscular. A compreensão do movimento humano sobre a ótica das forças mecânicas que o geram, sejam elas internas ou externas ao corpo, é campo de estudo de uma área de conhecimento denominado biomecânica (Amadio & Serrão, 2007; Osar, 2017).

O movimento no contexto esportivo é bastante complexo e a análise biomecânica dá suporte não só ao entendimento mais amplo do movimento em si, mas também provê subsídios para quantificar o desempenho esportivo e para propor intervenções que busquem potencializar o rendimento atlético e prevenir cargas demasiadas e lesivas às estruturas corporais (Lees, 1999).

Especificamente em relação ao desempenho esportivo, vários estudos biomecânicos já mostraram a influência de diversas variáveis na otimização do gestual esportivo. Magnitude da força gerada (Amadio & Serrão, 2012; Machado, Osório, Silva, & Magini, 2010), capacidade de manter e recuperar o equilíbrio, capacidade de estabilização gerada pelos músculos profundos da região lombopélvica (Barbado et al., 2016; Yoshitomi et al., 2006), destreza na coordenação dos músculos e segmentos do corpo durante os movimentos (Amadio & Serrão, 2012; Lees, 1999), dentre outros, afetam diretamente a qualidade do desempenho (Boguszewska, Boguszewski, & Buśko, 2010; Corrêa, Alchieri, Duarte, & Strey, 2002).

Em esportes de combate, a exemplo do judô, variáveis como equilíbrio, estabilidade e potência muscular, são decisivas para o rendimento (Barbado et al., 2016; Yoshitomi et al., 2006). Diferente de outros esportes em que é possível caracterizar e detalhar o principal, ou os principais, gesto esportivo, como o chute (Andrade et al., 2015), o arremesso no basquete (Marko, Bendíková, & Rozim, 2015), o bloqueio no vôlei (Lobiatti, 2009; Suda, Amorim, & Sacco, 2009), as diferentes modalidades de corrida no atletismo (Barnes & Malcata, 2017; Murphy, Lockie, & Coutts, 2003), uma dificuldade enfrentada nos estudos que envolvem esportes de combate é o fato de não haver um gestual ou um grupo de gestos predominante para o desempenho (Sterkowicz, Sacripanti, & Sterkowicz-Przybycień, 2013). Ao contrário, diferentes valências físicas e motoras contribuem parcialmente para o desempenho (Detanico, Dal Pupo, Franchini, & Santos, 2015; Loturco et

al., 2017). Consequentemente, o estado da arte relativo às demandas mecânicas que determinam o sucesso em esportes de combate ainda é um campo aberto.

Alguns estudos reconhecem que o controle do equilíbrio (Barbado et al., 2016; Yoshitomi et al., 2006), a prensão manual (Ache Dias, Kulkamp, Wentz, Ovando, & Borges Junior, 2011) e o bom controle e coordenação dos músculos estabilizadores do tronco são essenciais para o aprimoramento do desempenho no judô (Ache Dias et al., 2011; Barnes & Malcata, 2017; Kocjan & Sarabon, 2014; Koshida, Ishii, Matsuda, & Hashimoto, 2017; Sterkowicz-Przybycień & Fukuda, 2016; Yoshitomi et al., 2006). Entretanto, ainda há carência de estudos que explorem as relações entre variáveis motoras e valências físicas com o desempenho de judocas.

Por conseguinte, o objetivo deste estudo foi identificar o efeito de um grupo de variáveis mecânicas e fisiológicas sobre o nível de desempenho no judô, sendo as variáveis: controle do equilíbrio; força de prensão palmar; altura de salto; potência mecânica muscular dos membros inferiores; índice de elasticidade (IE); e índice de fadiga (IF). A hipótese do estudo é que haverá uma ou mais variáveis que expliquem o desempenho de judocas.

MÉTODOS

Participantes

Este estudo, classificado como um estudo observacional transversal, foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e aprovado com parecer 2.625.870. Todos os voluntários, ou seus respectivos responsáveis legais, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) em duas vias, ficando uma de posse do voluntário e a outra do pesquisador.

A amostra foi composta por 17 atletas de judô das cidades de Cascavel, Toledo e Marechal Cândido Rondon (todas do estado brasileiro do Paraná), provenientes de academias vinculadas à Federação Paranaense de Judô, de ambos os sexos, com graduação atual no judô entre faixas laranja e preta, recrutados de forma intencional e não probabilística.

Para compor a amostra o atleta deveria estar treinando de forma sistematizada por pelo menos duas vezes por semana e ininterruptamente nos últimos seis meses que antecederem as coletas. Não foram incluídos na amostra atletas que apresentaram: a) lesões musculoesqueléticas crônicas ou agudas ou doenças sistêmicas que limitassem ou contraindicassem os testes de desempenho; b) uso de medicamentos que atuassem no sistema cardiovascular e/ou autonômico.

Inicialmente foi realizada triagem para identificação de possíveis critérios de não inclusão ou exclusão e para registro dos dados de caracterização da amostra (características antropométricas, histórico de treinamento e graduação de faixa). As variáveis de caracterização da amostra, assim como suas respectivas médias e os desvios-padrão, foram: idade $17,1 \pm 2,9$ anos; estatura $172,9 \pm 9,9$ cm; massa corporal $70,6 \pm 14,7$ kg; treino semanal $3,8 \pm 1,3$ dias por semana; tempo de prática de judô $7,3 \pm 2,5$ anos. Quanto à graduação de faixa, foram identificados 1 atleta com faixa laranja, 2 atletas de faixa verde, 3 atletas de faixa roxa, 6 atletas de faixa marrom e 5 atletas de faixa preta. Quanto ao sexo, foram 15 atletas do sexo masculino e 2 do sexo feminino.

Procedimentos metodológicos

As coletas aconteceram no próprio dojo (centro de treinamento) das academias de judô das respectivas cidades dos atletas. Cada voluntário participou de uma bateria de testes realizada em um único encontro.

Teste de desempenho

Após a triagem inicial foi aplicado o teste de desempenho específico de judô Special Judo Fitness Test - SJFT (Detanico & Santos, 2012) em um tablado de EVA de dimensões de 7,50 m de comprimento por 2,90 m de largura. O SJFT consiste em um teste no qual o judoca deve projetar (arremessar) os seus oponentes, aplicando a técnica de projeção Ippon-Seoi-nage, o mais rápido e no maior número de vezes possível dentro de um intervalo de tempo pré-determinado. A duração de cada intervalo em que se realizaram as projeções foram divididos em três blocos de 15, 30 e 30 s respectivamente, com pausa passiva de 10 s entre os mesmos. Durante cada bloco, o executante arremessa dois adversários, distantes seis metros um do outro. O número de arremessos executados em cada um dos blocos foi registrado.

Imediatamente e também um minuto após o final dos três blocos de teste, foi verificada a frequência cardíaca (FC) do atleta por meio de um oxímetro de dedo (CMS 50 DL - Contec Med®). O desempenho foi quantificado por meio do índice calculado pela seguinte equação (Boguszewska et al., 2010):

onde: FC_{final} = frequência cardíaca registrada imediatamente após o final dos 3 blocos de teste, medida em bpm; FC_{1min} = frequência cardíaca registrada após 1 minuto depois dos três blocos de teste, medida em bpm; n° arremessos = número de arremessos executados ao longo dos 3 blocos.

Para a realização do teste, os atletas foram agrupados em grupos de três indivíduos, respeitando a categoria de peso à qual pertenciam. Quanto melhor o desempenho no teste, menor o valor do índice. Para a classificação do Índice do SJFT, que é adimensional, seguiu-se a seguinte proposição (Franchini, Del Vecchio, & Sterkowicz, 2009): excelente, com índice $\leq 11,73$; bom, com índice entre 11,74 a 13,03; regular, com índice entre 13,04 a 13,94; baixo, com índice entre 13,95 a 14,84; e muito baixo, com índice $\geq 14,85$.

Na sequência foram realizadas as medidas de equilíbrio, prensão palmar e os testes de salto para: avaliação da potência mecânica muscular dos membros inferiores e a altura de salto; avaliação dos parâmetros de utilização do ciclo alongamento-encurtamento (CAE) pelo IE; avaliação dos parâmetros relacionados à resistência de força rápida pelo IF.

$$\text{Índice} = \frac{FC_{final} + FC_{1min}}{n^{\circ} \text{ arremessos}}$$

Testes de equilíbrio

Para a avaliação do equilíbrio foi utilizado o Baropodômetro Footwork Pro AM Cube (AM3) por uma plataforma com 4098 (64x64) capacitores ativos em uma superfície ativa 490 mm x 490 mm, acoplado ao software Footwork. O examinado permaneceu em posição confortável, a mais relaxada possível, com os pés posicionados livremente lado a lado. Durante o registro dos dados, com frequência de amostragem de 20 frames/segundo, os braços foram mantidos ao longo do corpo e o olhar mantido voltado para um ponto fixo com distância de 2 metros durante toda a coleta. Antes do início dos registros se permitiu um período de acomodação do indivíduo à plataforma por 10 s.

Cada voluntário foi avaliado em bateria de teste adaptada e baseada no Teste de Organização Sensorial (Sensory Organization Test - SOT). O SOT é realizado para testar tarefas dos sentidos visual, vestibular e proprioceptivo e é composto por seis etapas sensoriais, cujas respostas são percebidas e registradas por meio das variações no centro de pressão (COP) que refletem as informações somatossensoriais, influenciada pela presença ou ausência de visão e pelas aferências vestibulares (Medeiros et al., 2003). Cada etapa do SOT foi repetida duas vezes e cada uma durou 30 s e teve intervalo de descanso de 30 s entre elas.

Cada uma das seis etapas do SOT foram assim definidas: a) SOT I, plataforma fixa e olhos abertos e visão com referência fixa (avalia os sistemas visual, proprioceptivo e vestibular); b) SOT II, plataforma fixa e olhos fechados (avalia os sistemas proprioceptivo e vestibular); c) SOT III, plataforma fixa, olhos

abertos e visão com referência oscilante (avalia os sistemas proprioceptivo, vestibular, e, sobretudo, visual); d) SOT IV, plataforma oscilante, olhos abertos e visão com referência fixa (avalia principalmente o sistema proprioceptivo); e) SOT V, plataforma oscilante e olhos fechados (avalia os sistemas proprioceptivo e vestibular, em condições de sobrecarga, devido à eliminação da referência visual e à referência oscilante); f) SOT VI, plataforma oscilante, olhos abertos e visão com referência oscilante (avalia os sistemas proprioceptivo, visual e vestibular). O estímulo da visão com referência oscilante foi criado com um óculo de realidade 3D com listras pretas e brancas em movimentos. A oscilação da plataforma foi proporcionada por uma plataforma de madeira sobre um conjunto de molas em cada um dos cantos, como ilustrado na Figura 1.



Figura 1: Exemplo do teste de equilíbrio no SOT VI, com plataforma oscilante, olhos abertos e visão com referência oscilante.

Os deslocamentos do COP foram avaliados pelos registros gráficos referentes à estatocinesia (área do centro de pressão) e à estabilometria (coordenadas em função do tempo para as oscilações médio-laterais e ântero-posteriores). A partir destes registros gráficos, foi determinada a área elíptica do deslocamento do COP no plano da plataforma, com 95% dos pontos selecionados, dados em unidade de área (cm.) (COParea) (Vega & Ruiz, 2005).

Para o tratamento matemático, os dados de equilíbrio foram agrupados por sistemas, adaptado da metodologia descrita por (Medeiros et al., 2003). Os sistemas foram avaliados utilizando a medida de deslocamento do COParea.

- O sistema somatossensorial (SOM) foi a razão dos deslocamentos do COP por SOT II / SOT I.
- O sistema visual (VIS) foi a razão dos deslocamentos do COP por SOT IV / SOT I.
- O sistema vestibular (VEST) foi a razão dos deslocamentos do COP por SOT V / SOT I.

Avaliação da força muscular de preensão palmar

A avaliação da força muscular de preensão palmar foi realizada com o dinamômetro da marca North Coast Medical®, modelo NC70154, previamente calibrado e com escala em libras por polegada quadrada (lbf.in⁻²). A avaliação foi aplicada apenas no membro superior dominante. Para tanto, o avaliado permaneceu na posição sentada, em uma cadeira, com os quadris e joelhos a 90° de flexão e os pés apoiados no chão. Os membros superiores foram posicionados com o ombro em adução e flexão em torno de 45°; cotovelo a 45° com antebraço e punho em posição neutra, apoiados sobre uma mesa.

O atleta foi orientado a fazer uma força de preensão contra o dinamômetro e sustentá-la por cinco segundos para que fosse computado o registro. O teste foi realizado em quatro tentativas, com intervalo de 60 s entre elas, sendo que a primeira foi descartada da análise estatística e serviu apenas para efeito de aprendizado. Foi considerado para a análise estatística o maior valor executado dentre as três últimas tentativas. Porém, caso o maior valor ocorresse na última tentativa, novas tentativas foram realizadas até que se observasse um valor menor (Pereira, Cardoso, Itaborahy, & Machado, 2011; Schlüssel, Anjos, & Kac, 2008).

Avaliação da potência mecânica muscular dos membros inferiores (\ddot{W}) e dos parâmetros de utilização do CAE

A \ddot{W} foi mensurada por saltos, tanto por saltos do tipo Squat Jump (SJ), que avaliou a vertente contrátil da \ddot{W} , quanto por saltos do tipo Counter-Movement Jump (CMJ), que avaliou a vertente elástica da \ddot{W} (Ferreira, Carvalho, & Szmuchrowski, 2008).

No SJ não há o contramovimento, que é a aceleração do centro de massa em sentido descendente previamente ao ato de saltar e, por isso, a ação concêntrica dos agonistas é predominante. Ao contrário, no CMJ há a presença do contramovimento que alonga a musculatura agonista, ativa o ciclo alongamento encurtamento, e mobiliza energia elástica proveniente do estiramento da unidade musculotendínea que, somada ao trabalho concêntrico agonista, potencializa o desempenho do salto (Dal Pupo, Detanico, & Santos, 2012).

Para a determinação da \ddot{W} , altura do salto e tempo de voo, para ambos os tipos de salto, os atletas saltaram sobre o tapete de contato JumpTest® (Hidrofit LTDA, Belo Horizonte, Brasil) com dimensões de 50 X 66 cm. O tapete de contato foi conectado a um computador portátil (Itaotec Infoway, Intel® Core i3 370M 2,40 GHz, 8,00 GB memória RAM) no qual estava instalado o software Multisprintfull® (Hidrofit, Belo Horizonte, Brasil) que processou os dados em tempo real. Esse tapete é composto por duas superfícies condutivas que respondem às pequenas pressões fechando o sistema. Após a perda de contato dos pés do avaliado com o tapete, durante o despegue no salto, o sistema é aberto e um cronômetro no software é

acionado e se mantém cronometrando até que o avaliado retome o contato com o tapete, feche novamente o sistema e pare a cronometragem. Levando-se em conta o tempo de voo, obtido pelo cronômetro, a altura de salto é calculada como (Couto, Costa, Barbosa, Chagas, & Szmuchrowski, 2012; Ferreira et al., 2008):

onde: h = altura do salto; g = aceleração da gravidade ($9,81\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$); t = tempo de voo (s).

No SJ, o voluntário, já sobre o tapete de contato, realizou um salto máximo a partir de uma posição estática semiagachada na qual o joelho estava fletido a aproximadamente 90° , com o tronco o mais ereto possível e as mãos posicionadas na cintura onde deveriam permanecer por toda a excursão do salto (Detanico, Dal Pupo, Franchini, & Santos, 2012). Foi solicitado dois saltos máximos com intervalo de dois minutos entre eles e considerado o maior valor para a análise.

Em sequência, no CMJ, os avaliados iniciaram o salto a partir da posição ortostática com os joelhos estendidos e as mãos na cintura. Ao iniciar o salto eles deveriam primeiro fletir o joelho até cerca de 90° e então saltar o mais alto possível sem tirar as mãos da cintura (Detanico et al., 2012). Também foram solicitados dois saltos máximos com intervalo de dois minutos entre eles e foi considerado o maior valor para a análise.

O software Multisprintfull® calculou a \dot{W} de cada salto, expressa em watts (W), pela seguinte equação, sendo posteriormente normalizada pela massa do voluntário e expressa pela unidade $\dot{W}\cdot\text{kg}^{-1}$:

$$\dot{W} = m \cdot g \cdot (h/t)$$

onde: \dot{W} = potência mecânica muscular, obtida pelo tapete de contato para cada salto; m = massa corporal em quilogramas; g = aceleração da gravidade ($9,81\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$); h = altura do salto (m); t = tempo de voo em segundos.

Determinação do IE

O parâmetro de utilização do CAE foi calculado com base na altura do salto, sendo ele o percentual de aumento do pré-estiramento, também descrito como IE (Cazas et al., 2013; Tufano et al., 2013; van Hooren & Zolotarjova, 2017). O IE foi calculado como:

$$\text{IE} = (h_{\text{CMJ}} - h_{\text{SJ}}) / h_{\text{SJ}} \cdot 100$$

onde: IE = índice de elasticidade; h_{CMJ} = altura do salto no Counter-Movement Jump; h_{SJ} = altura do salto no Squat Jump.

Avaliação dos parâmetros relacionados à resistência de força rápida (RFR)

A potência mecânica relacionada à RFR, que reflete a capacidade de o sistema neuromuscular retardar o aparecimento do processo de fadiga (Hespanhol, Silva Neto, Arruda, & Dini, 2007), bem como o IF (Bosco, Komi, Tihanyi, Fekete, & Apor, 1983), foram avaliados por uma bateria de saltos verticais intermitentes máximos, do tipo CMJ, com maior número de saltos possíveis por 60 s, sendo esse trecho de 60 s dividido em quatro trechos de 15 s com um intervalo de recuperação de 10 s entre cada trecho. Durante a realização do teste os sujeitos receberam motivação verbal para manterem o esforço máximo e o posicionamento correto de fletir o joelho até 90° durante a fase de contato com o tapete antes do novo salto, o tronco o mais reto possível e as mãos na cintura (Bosco et al., 1983; Storniolo, Fischer, & Peyré-Tartaruga, 2012).

A resistência de força rápida foi a média das potências geradas em cada salto durante todo o trecho total de 60 s ($\dot{W}_{\text{RFR}_{0a60s}}$). Também foram calculadas as potências relativas à RFR para cada um dos trechos de 15 s. Por conseguinte, foram calculados, além da $\dot{W}_{\text{RFR}_{0a60s}}$, outros quatro valores de potência, a saber: potência média correspondente aos saltos desempenhados no primeiro trecho de 15 s ($\dot{W}_{\text{RFR}_{\text{trecho1}}}$), no segundo trecho ($\dot{W}_{\text{RFR}_{\text{trecho2}}}$), no terceiro trecho ($\dot{W}_{\text{RFR}_{\text{trecho3}}}$), e no quarto trecho ($\dot{W}_{\text{RFR}_{\text{trecho4}}}$) (Bosco et al., 1983; Hespanhol et al., 2007).

O IF representa a redução percentual na potência mecânica muscular entre aquela produzida no primeiro trecho de 15 s, onde se espera que a potência seja máxima, e aquela produzida no último trecho de 15 s, onde se espera uma redução importante da potência. Quanto maior o valor percentual do IF, menor terá sido o efeito da fadiga, sendo calculado como (Hespanhol et al., 2007):

$$IF = (\dot{W}_{RFR_trecho4} / \dot{W}_{RFR_trecho1}) \cdot 100$$

onde: IF = índice de fadiga; $\dot{W}_{RFR_trecho4}$ = potência média correspondente aos saltos desempenhados no último trecho de 15 s do teste; $\dot{W}_{RFR_trecho1}$ = potência média correspondente aos saltos desempenhados no primeiro trecho de 15 s do teste.

Análise estatística

Para análise estatística foi usado o software SPSS 20. O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$). O teste estatístico utilizado foi o Generalized Linear Model (GLzM), sendo que cada variável independente (variáveis mecânicas e metabólicas) foi testada individualmente como preditora do desempenho (índice do SJFT). Testou-se o melhor ajuste dos dados por dois modelos de distribuição: Linear e Gama, e definido pelo modelo que obteve o menor valor de Quase-Likelihood under Independence Model Criterion (QIC).

Nas análises de regressão, o melhor ajuste dos dados se deu pelo Modelo de distribuição Linear, já que em todos os casos o QIC deste modelo, comparado ao Modelo de distribuição Gama, foi menor. O $\text{Exp}(\beta)$ é um indicador de mudanças nas chances resultantes de uma unidade no previsor de regressão. Assim, valor de $\text{Exp}(\beta)$ menor que 1 indica que a variável preditora (variável independente) se relaciona positivamente com a variável predita (variável dependente). Ao contrário, valor de $\text{Exp}(\beta)$ maior que 1 indica que a variável preditora se relaciona de forma negativa com a variável predita.

RESULTADOS

Os valores médios e seus respectivos desvios-padrão para as variáveis estudadas, tanto as independentes quanto a variável dependente, estão descritos na tabela 1. O valor médio do Índice SJFT foi classificado como “Baixo”.

Tabela 1: Variáveis mensuradas, valores médios e seus respectivos desvios-padrão

Variáveis Predictoras	Tipo de variável	Média	Desvio-Padrão (\pm)
Índice SJFT	Dependente	14,47	1,81
Preensão manual ($\text{lb} \cdot \text{in}^{-2}$)	Independente	14,06	2,97
Altura SJ (cm)	Independente	28,66	4,99
Altura CMJ (cm)	Independente	31,01	5,05
Potência SJ ($\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Independente	417,12	103,03
Potência CMJ ($\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Independente	434,94	109,24
SOM (cm^2)	Independente	1,15	0,25
VIS (cm^2)	Independente	1,21	0,35
VEST (cm^2)	Independente	1,21	0,32
IF (%)	Independente	83,47	6,84
IE (%)	Independente	9,82	10,24

Legenda: SJFT, Special Judo Fitness Test; SJ, Squat Jump; CMJ, Counter-Movement Jump; SOM, Sistema Somatossensorial; VIS, Sistema Visual; VEST, Sistema Vestibular; IF, Índice de Fadiga; IE, Índice de elasticidade.

Legenda: SJFT, Special Judo Fitness Test; SJ, Squat Jump; CMJ, Counter-Movement Jump; SOM, Sistema Somatossensorial; VIS, Sistema Visual; VEST, Sistema Vestibular; IF, Índice de Fadiga; IE, Índice de elasticidade.

Os resultados para cada variável preditiva sobre o índice SJFT são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Estatística de Wald (WALD CHI²), graus de liberdade do modelo (DF), nível de significância encontrado no modelo (SIG), o valor de Exp(β) e seus respectivos limites, inferior (INF) e superior (SUP), de intervalo de confiança de 95% (IC-95) para as variáveis estudadas.

Variáveis Predictoras	IC-95					
	WALD CHI ²	DF	SIG	EXP(β)	INF	SUP
Preensão Manual	0,512	1	0,474	1,113	0,831	1,490
Altura SJ	8,548	1	0,003*	0,811*	0,705	0,933
Potência SJ	2,537	1	0,111	0,378	0,114	1,252
Altura CMJ	2,298	1	0,130	0,884	0,753	1,037
Potência CMJ	0,346	1	0,556	0,706	0,222	2,248
IE	5,334	1	0,021*	1,090*	1,013	1,173
SOM	0,228	1	0,633	0,420	0,012	14,740
VIS	1,932	1	0,164	0,178	0,016	2,030
VEST	3,707	1	0,054	0,081	0,006	1,046
IF	0,027	1	0,870	0,989	0,868	1,127

Legenda: SJ: Squat Jump; CMJ: Counter-movement Jump; SOM: Sistema Somatossensorial; VIS: Sistema Visual; VEST: Sistema Vestibular; IE: Índice de elasticidade; IF: Índice de fadiga

Legenda: SJ: Squat Jump; CMJ: Counter-movement Jump; SOM: Sistema Somatossensorial; VIS: Sistema Visual; VEST: Sistema Vestibular; IE: Índice de elasticidade; IF: Índice de fadiga

Foi encontrado que a A_SJ e o IE influenciaram significativamente o desempenho no SJFT, entretanto as direções dos efeitos foram diferentes. A A_SJ apresentou uma relação direta, de forma que quanto maior essa variável, maior será a chance de aprimoramento do desempenho no SJFT. Já o IE apresentou uma relação inversa, de forma que quanto maior a contribuição elástica, pior será o desempenho no SJFT.

DISCUSSÃO

O objetivo principal do estudo foi identificar o efeito de um grupo de variáveis mecânicas e fisiológicas sobre o nível de desempenho no judô, medido pelo SJFT. A hipótese do estudo foi que uma ou mais variáveis explicariam o desempenho de judocas, e os resultados encontrados confirmaram tal hipótese.

Estudos na área da biomecânica e desempenho desportivo sugerem que os resultados nos testes SJ e CMJ dependem da especificidade do esporte (Dal Pupo et al., 2012; Galdi & Bankof, 2001; Rodrigues & Marins, 2011; Rosa et al., 2016), de forma que os níveis de recrutamento muscular, taxa de utilização excêntrica, aproveitamento do ciclo alongamento-encurtamento, IE e potência muscular podem ter, dependendo do esporte estudado, maior ou menor influência no desempenho (Detanico et al., 2012; Ferreira et al., 2008; Rosa et al., 2016).

A utilização dos testes de salto no contexto do judô apresenta conclusões divergentes quanto a quais parâmetros definem mais adequadamente o nível de desempenho dos judocas. Estudos sugerem que o nível de recrutamento muscular medido pelo SJ tem relação direta com o desempenho nos atletas de esportes de combate (Monteiro, Massuca, García, Carratala, & Proença, 2011) e é tanto maior quanto maior for o nível de condicionamento do atleta (Branco et al., 2018). A velocidade de recrutamento muscular tem sido apontada como determinante em esportes que requeiram ações musculares de alta intensidade (van Hooren & Zolotarjova, 2017).

Um estudo realizado com 63 atletas dos times nacionais de diversos países, sugeriu que o principal pré-requisito para melhor desempenho no judô seria o pico da taxa de recrutamento muscular medido no SJ (Monteiro, Massuca, García-García, & Calvo-Rico, 2012). Esse achado corrobora os resultados do presente estudo, já que a altura SJ está relacionada com a força máxima, atribuída basicamente ao recrutamento neural e sem a participação da energia elástica (Dal Pupo et al., 2012). Porém, outro estudo comparando judocas

de diferentes níveis de experiência mostrou o CMJ como preditor de desempenho (Dal Pupo et al., 2012; Monteiro et al., 2011) e nível dos atletas (Detanico, Dal Pupo, Graup, & Santos, 2016).

Sugere-se que o aproveitamento do CAE, que pode ser quantificado pelo IE (Cazas et al., 2013; Tufano et al., 2013; van Hooren & Zolotarjova, 2017), é importante para o desempenho de alguns esportes (Galdi & Bankof, 2001), tais como o salto do handebol (Rosa et al., 2016) e do basquete (Carvalho, 2008). Porém, devido à natureza explosiva e intermitente do substrato biomecânico nos gestos esportivos característicos do judô, sugere-se que um rápido recrutamento muscular e um pequeno tempo de reação seriam os pontos-chave para o aprimoramento do desempenho neste esporte (Machado et al., 2010; Monteiro et al., 2012; Rodrigues & Marins, 2011; van Hooren & Zolotarjova, 2017).

Durante atividades que envolvam o CAE, quando ocorre a passagem da fase excêntrica para a concêntrica, os músculos podem utilizar parte desta energia rapidamente, aumentando a geração de força na fase subsequente, com menor gasto metabólico e maior eficiência mecânica. Porém, se a passagem de uma fase para outra for lenta, a energia potencial elástica será dissipada sob forma de calor, não sendo convertida em energia cinética (Neto, Mocroski, & Andrade, 2005). Como o SJTF é um teste que induz certo grau de fadiga, é possível que haja um aumento na duração da transição entre as fases excêntrica e concêntrica. Por isso acreditamos que uma maior participação da energia elástica pode afetar negativamente essa característica explosiva e, por conseguinte, prejudicar o desempenho. Entretanto, estudos futuros com visão mecanicista são necessários para que se possa entender de forma clara os mecanismos envolvidos e a contribuição da energia elástica nos gestos esportivos relacionados ao judô.

A influência do equilíbrio e da estabilidade de tronco com o nível de habilidade do judô foi previamente sugerida como significativa (Barbado et al., 2016; Kocjan & Sarabon, 2014; Koshida et al., 2017; Yoshitomi et al., 2006), assim como a prensão manual (Ache Dias et al., 2011; Yilmaz, 2015); porém, os resultados do nosso estudo não indicaram efeitos significativos quanto à essas variáveis sobre o índice do SJFT.

Um estudo realizado com sete judocas utilizando dinamômetro para mensuração da força de prensão manual em ambos os membros juntamente com utilização de baropodometria para medir o deslocamento do COP afirmou que a força de prensão manual em postura estática afeta o equilíbrio em posição estática restrita, pois ao realizar a prensão, o atleta deslocaria mais seu COPárea (Ache Dias et al., 2011). Contudo, não foi objetivo deste estudo aplicar técnicas de regressão múltiplas, que permitiria analisar as interações entre as variáveis preditoras.

A principal limitação do estudo foi que a avaliação das variáveis ocorreu em um mesociclo de transição, já que muitos atletas já haviam encerrado suas atividades competitivas do ano. Essa limitação pode justificar a classificação geral dos atletas como sendo baixa no SJFT, já que período de destreino reduz as capacidades biomotoras (Oliveira et al., 2009).

CONCLUSÃO

Observou-se que a A_SJ e o IE afetaram o desempenho no SJFT, sendo que maiores alturas de salto SJ predizem um desempenho aprimorado; e maior contribuição da energia elástica com valores mais altos de IE predizem desempenho piorado. As demais variáveis (potências musculares, altura no CMJ, prensão palmar, equilíbrio e IF) não afetaram o desempenho no SJFT.

REFERÊNCIAS

- Ache Dias, J., Kulkamp, W., Wentz, M. D., Ovando, A. C., & Borges Junior, N. G. (2011). Efeito da prensão manual sobre o equilíbrio de judocas. *Motriz. Revista de Educação Física. UNESP*, 17(2), 244–251. <https://doi.org/10.5016/1980-6574.2011v17n2p244>

- Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2007). Contextualização da biomecânica para a investigação do movimento: fundamentos, métodos e aplicações para análise da técnica esportiva. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 21(n.esp), 61–85.
- Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2012). A biomecânica em educação física e esporte. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 25(spe), 15–24. <https://doi.org/10.1590/s1807-55092011000500003>
- Andrade, V. L., Vieira, L. H. P., Bedo, B. L. S., Macari, R., Mariano, F. P., Noda, C. T., & Santiago, P. R. P. (2015). Velocidade da bola no chute no futsal: comparação entre garotos com diferentes níveis de desempenho e correlação de variáveis predictoras do desempenho. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 29(3), 371–381. <https://doi.org/10.1590/1807-55092015000300371>
- Barbado, D., Lopez-Valenciano, A., Juan-Recio, C., Montero-Carretero, C., van Dieën, J. H., & Vera-Garcia, F. J. (2016). Trunk stability, trunk strength and sport performance level in judo. *PLOS ONE*, 11(5), e0156267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156267>
- Barnes, K. R., & Malcata, R. (2017). Conversion index for running on different indoor track and field facility types. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(4), 375–384. <https://doi.org/10.1080/24748668.2017.1346453>
- Boguszewska, K., Boguszewski, D., & Buško, K. (2010). Special judo fitness test and biomechanics measurements as a way to control of physical fitness in young judoists. *Archives of Budo*, 6(4), 205–209.
- Bosco, C., Komi, P. V., Tihanyi, J., Fekete, G., & Apor, P. (1983). Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 51, 129–135.
- Branco, B. H. M., Andreato, L. V., Ribeiro, E. D., Oliveira, H. G., Almeida, F. N., & Junior, N. N. (2018). Development of tables for classifying judo athletes according to maximal isometric strength and muscular power, and comparisons between athletes at different competitive levels. *Sport Sciences for Health*, 14(3), 607–614. <https://doi.org/10.1007/s11332-018-0469-7>
- Carvalho, A. C. (2008). *Estudo comparativo do salto vertical entre desportistas especializados em saltos e não-desportistas, de ambos os gêneros*. Universidade do Porto, Porto.
- Cazas, V. L., Brown, L. E., Coburn, J. W., Galpin, A. J., Tufano, J. J., LaPorta, J. W., & Du Bois, A. M. (2013). Influence of rest intervals after assisted jumping on bodyweight vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 64–68. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182772f13>
- Corrêa, D. K. A., Alchieri, J. C., Duarte, L. R. S., & Strey, M. N. (2002). Excelência na produtividade: a performance dos jogadores de futebol profissional. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 15(2), 447–460. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722002000200021>
- Couto, B. P., Costa, G. A. S., Barbosa, M. P., Chagas, M. H., & Szmuchrowski, L. A. (2012). Efeito da aplicação de vibração mecânica sobre a impulsão vertical. *Motriz*, 18(3), 414–422.
- Dal Pupo, J., Detanico, D., & Santos, S. G. (2012). Parâmetros cinéticos determinantes do desempenho nos saltos verticais. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(1), 41–51. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n1p41>
- Detanico, D., Dal Pupo, J., Franchini, E., & Santos, S. G. (2012). Relationship of aerobic and neuromuscular indexes with specific actions in judo. *Science & Sports*, 27(1), 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2011.01.010>
- Detanico, D., Dal Pupo, J., Franchini, E., & Santos, S. G. (2015). Effects of successive judo matches on fatigue and muscle damage markers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1010–1016. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000746>
- Detanico, D., Dal Pupo, J., Graup, S., & Santos, S. G. (2016). Vertical jump performance and isokinetic torque discriminate advanced and novice judo athletes. *Kinesiology*, 48(2), 223–228. <https://doi.org/10.26582/k.48.2.8>
- Detanico, D., & Santos, S. G. (2012). Avaliação específica no judô: uma revisão de métodos. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(6), 738–748. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n6p738>

- Ferreira, J. C., Carvalho, R. G. S., & Szmuchrowski, L. A. (2008). Validade e confiabilidade de um tapete de contato para a mensuração da altura do salto vertical. *Revista Brasileira de Biomecânica*, 9(17), 39–45.
- Franchini, E., Del Vecchio, F. B., & Sterkowicz, S. (2009). A special judo fitness test classificatory table. *Archives of Budo*, 5, 127–129.
- Galdi, E., & Bankof, A. (2001). Eficiência de saltos verticais de atletas de voleibol, analisada no teste de 60 segundos, em quatro intervalos de tempo. *Revista Brasileira de Ciências Do Esporte*, 22(2), 85–97.
- Hespanhol, J. E., Silva Neto, L. G., Arruda, M., & Dini, C. A. (2007). Avaliação da resistência de força explosiva em voleibolistas através de testes de saltos verticais. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 13(3), 181–184. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922007000300010>
- Kocjan, A., & Sarabon, N. (2014). Assessment of isometric trunk strength: the relevance of body position and relationship between planes of movement. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(2), 365–370.
- Koshida, S., Ishii, T., Matsuda, T., & Hashimoto, T. (2017). Biomechanics of judo backward breakfall for different throwing techniques in novice judokas. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 417–424. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1268652>
- Lees, A. (1999). Biomechanical assessment of individual sports for improved performance. *Sports Medicine*, 28(5), 299–305. <https://doi.org/10.2165/00007256-199928050-00001>
- Lobietti, R. (2009). A review of blocking in volleyball: from the notational analysis to biomechanics. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(2), 93–99. <https://doi.org/10.4100/jhse.2009.42.03>
- Loturco, I., Nakamura, F. Y., Winckler, C., Bragança, J. R., Fonseca, R. A., Moraes-Filho, J., ... Franchini, E. (2017). Strength-power performance of visually impaired paralympic and olympic judo athletes from the Brazilian National Team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 743–749. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001525>
- Machado, S. M., Osório, R. A. L., Silva, N. S., & Magini, M. (2010). Biomechanical analysis of the muscular power of martial arts athletes. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 48(6), 573–577. <https://doi.org/10.1007/s11517-010-0608-z>
- Marko, M., Bendíková, E., & Rozim, R. (2015). Biomechanical analysis of extraleague players' shooting in eurovia Slovak basketball. *Sport Science*, 8(2), 52–56.
- Medeiros, Í. R. T., Bittar, R. S. M., Pedalini, M. E. B., Lorenzi, M. C., Kii, M. A., & Formigoni, L. G. (2003). Avaliação do tratamento dos distúrbios vestibulares na criança através da posturografia dinâmica computadorizada: resultados preliminares. *Jornal de Pediatria*, 79(4), 337–342. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2223/1362>
- Monteiro, L. F., Massuça, L. M., García-García, J. M., & Calvo-Rico, B. (2012). Differences of explosive strength in judokas medallists and not medallists. *Paripex - Indian Journal of Research*, 3(5), 199–202. <https://doi.org/10.15373/22501991/MAY2014/61>
- Monteiro, L. F., Massuça, L. M., García, J. G., Carratala, V., & Proença, J. (2011). Plyometric muscular action tests in judo- and non-judo athletes. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(4), 287–293. <https://doi.org/10.3233/IES-2011-0429>
- Murphy, A. J., Lockie, R. G., & Coutts, A. J. (2003). Kinematic determinants of early acceleration in field sport athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2(4), 144–150.
- Neto, C., Mocroski, C., & Andrade, P. (2005). A atuação do ciclo alongamento-encurtamento durante ações musculares pliométricas. *Journal of Exercise and Sport Sciences*, 1(1), 13–24.
- Oliveira, V. L., Leite, G. S., Leite, R. D., Assumpção, C. O., Pereira, B. G., Neto Bratholomeu, J., & Prestes, J. (2009). Efeito de um período de destreinamento sobre variáveis neuromusculares em atletas de handebol. *Fitness Performance*, 8(2), 96–102.
- Osar, E. (2017). *Exercícios corretivos para disfunções de quadril e ombro* (1st ed.). Porto Alegre/RS: Artmed.
- Pereira, R., Cardoso, B. S., Itaborahy, A. S., & Machado, M. (2011). Análise da força de prensão de mulheres idosas - estudo comparativo entre faixas etárias. *Acta Medica Portuguesa*, 24(4), 521–526.

- Rodrigues, M. E., & Marins, J. C. B. (2011). Counter movement e squat jump: análise metodológica e dados normativos em atletas. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 19(4), 108–119.
- Rosa, H. B., Oliveira, V. S. L., Santos, L. S., Prusch, S. K., Barbosa, I. M., & Lemos, L. F. C. (2016). O uso do ciclo alongamento-encurtamento em saltos de atletas de handebol e praticantes de musculação do sexo feminino. *Revista de Educação Física*, 85(3), 274–281.
- Schlüssel, M. M., Anjos, L. A., & Kac, G. (2008). A dinamometria manual e seu uso na avaliação nutricional. *Revista de Nutrição*, 21(2), 233–235.
- Sterkowicz-Przybycień, K., & Fukuda, D. H. (2016). Sex differences and the effects of modified combat regulations on endurance capacity in judo athletes: a meta-analytic approach. *Journal of Human Kinetics*, 51(1), 113–120. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0175>
- Sterkowicz, S., Sacripanti, A., & Sterkowicz-Przybycień, K. (2013). Techniques frequently used during London Olympic judo tournaments: a biomechanical approach. *Archives of Budo*, 9(1), 51–58. <https://doi.org/10.12659/AOB.883848>
- Storniolo, J. L. L., Fischer, G., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2012). Comparação entre dois métodos para determinação de potência mecânica em saltos verticais. *Revista Da Educação Física*, 23(2), 261–270. <https://doi.org/10.4025/reveducfis.v23i2.15018>
- Suda, E. Y., Amorim, C. F., & Sacco, I. C. N. (2009). Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball blocking. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(2), e84–e93. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.10.007>
- Tufano, J. J., Walker, S., Seitz, L. B., Newton, R. U., Häkkinen, K., Blazevich, A. J., & Haff, G. G. (2013). Reliability of the reactive strength index, eccentric utilisation ratio, and pre-stretch augmentation in untrained, novice jumpers. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 21(S2), 31–33.
- van Hooren, B., & Zolotarjova, J. (2017). The difference between countermovement and squat jump performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 2011–2020. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001913>
- Vega, R. L., & Ruiz, M. C. L. (2005). Estabilometría y calidad de vida en las algias vertebrales: un estudio transversal analítico. *Fisioterapia*, 27(3), 129–137. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(05\)73428-3](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(05)73428-3)
- Yilmaz, S. (2015). Pulling forces in different judo stances in laboratory conditions. *Archives of Budo Science of Martial Arts and Extreme Sports*, 11(1), 73–80.
- Yoshitomi, S. K., Tanaka, C., Duarte, M., Lima, F., Morya, E., & Hazime, F. (2006). Respostas posturais à perturbação externa inesperada em judocas de diferentes níveis de habilidade. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 12(3), 159–163.