

Características mecânicas de tatames utilizados no judô

CDD. 20.ed. 796.8152

Sebastião Iberes Lopes MELO*
Saray Giovana dos SANTOS**
Milton José CINELLI***
Noé Gomes BORGES JUNIOR***
Roberto Müller HEIDRICH****

*Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Estadual de Santa Catarina.
**Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Catarina.
***Universidade do Vale do Itajaí.
****Centro Tecnológico Universidade Federal de Santa Catarina.

Resumo

Este estudo teve por objetivo analisar as características físicas e mecânicas de diferentes tatames de judô. A compreensão do comportamento destas variáveis é importante para determinar as características desejáveis destes materiais para que a segurança dos praticantes seja melhorada, tendo em vista o elevado número de quedas do judoca. Foram selecionados, intencionalmente, sete tipos de tatames, sendo seis sintéticos e um de palha. Um pêndulo balístico instrumentado com um acelerômetro foi utilizado para determinar um conjunto de variáveis que descrevem as propriedades físicas dos tatames. Os dados foram tratados com a estatística descritiva, inferencial (análise da variância e o teste de comparação múltipla de Tukey) e a correlação de Pearson a $p \leq 0,05$. Os resultados indicam que: a) os coeficientes de restituição (CR) dos tatames analisados são altos, com média de 0,60; b) o tatame "C" apresentou o maior valor de impacto (g) transmitido na interação pêndulo versus tatames (36,54 g) e o "F" o menor (24,24 g); c) constatou-se alta correlação negativa ($r = -0,80$) dos CRs com os valores de impactos (g). Os resultados do estudo indicam que os tatames "A" e "F" são os recomendáveis para amortecimento de quedas no judô, e, ainda, apontam que há necessidade de mais investigações levando em consideração um maior número de variáveis, tais como: análise da composição química dos materiais, a densidade e a resiliência.

UNITERMOS: Judô; Coeficiente de restituição; Impactos; Tatames.

Introdução

Impactos gerados por colisões entre corpos são muito frequentes em modalidades esportivas. Especialmente no judô, o impacto entre o corpo do praticante e a superfície de queda (tatame) é inerente a esta prática, na medida que todas as projeções efetuadas resultam, inevitavelmente, em quedas.

A partir desta característica, de prática as quedas adquirem muita importância e exigem além de um material específico para a prática (tatame), também uma técnica apropriada para amenizar os impactos, denominada de "ukemi" (amortecimento de queda). Contudo, para proteger o organismo contra os efeitos dinâmicos dos "ukemis", SANTOS e MELO (2001) citam dois mecanismos que podem ser adotados. O primeiro está relacionado ao domínio dos amortecimentos de queda, o qual, segundo

ROCHA (1984) e ROQUETTE (1994), é utilizado para reduzir os efeitos das vibrações advindos dos impactos do corpo do judoca contra o solo, sendo recomendável que se aumente a área de aplicação da força de impacto, o tempo de absorção e a utilização de batida da mão contra a área de queda (processo impulso-reativo). O segundo fator de segurança, diz respeito à composição dos materiais, que resultam em propriedades físico-mecânicas que favoreçam a absorção de energia, elasticidade e amortecimento.

Por outro lado, constata-se que poucos fabricantes fornecem as especificações técnicas dos materiais e, quando o fazem, referem-se à cor, às dimensões e ao tipo de material (EVA - copolímero etileno acetato de vinila, palha,

sintético e tradicional). Alguns fornecedores apresentam os valores da densidade, porém, não informam sobre a capacidade de amortecimento destes materiais, considerada muito importante para a segurança do praticante, na redução dos valores dos impactos.

O conhecimento das propriedades específicas dos materiais irá fornecer elementos auxiliares para aqueles que trabalham com o Judô, possibilitando identificar qual dos materiais restitui menos energia para o organismo do atleta, representada por alguns indicadores, tais como: coeficiente de restituição, impactos e vibrações.

Mesmo com a existência de materiais (tatames) e técnicas específicas para os "ukemis", estudos apontam lesões, que podem ser agrupadas em duas categorias segundo o mecanismo de origem: a) aquelas provenientes execução incorreta dos "ukemis", conforme apontam vários estudos (GALLI, SANTOS & DUARTE, 2000; GAMA, 1986; LIMA & NOGUEIRA, 1998; LIMA, NOGUEIRA & ROCHA, 1998) e; b) aquelas lesões

relacionadas à superfície de queda (SANTOS, DUARTE & MELO, 2000; SANTOS & SHIGUNOV, 2001).

Ainda que seja imprescindível para a prática desta modalidade, um material que reduza os efeitos adversos das colisões, não são conhecidos estudos que descrevem as características mecânicas dos tatames, tais como, coeficiente de restituição e dissipação de energia, entre outros. Deste modo, tendo em vista a carência de estudos sobre esta modalidade, principalmente com relação ao material utilizado e sabendo-se sobre a importância deste para a prática é que se realizou este estudo com o objetivo geral de avaliar as características físicas e mecânicas dos diferentes tipos de tatames submetidos à força de impacto. Mais especificamente objetivou verificar e comparar os coeficientes de restituição dos diferentes tipos de material utilizados para confecção dos tatames, e a capacidade de absorção de impacto (g) de um corpo de prova, provenientes dos impactos entre o corpo e os diferentes tatames, além de verificar se existe correlação entre estas variáveis.

Materiais e métodos

Foram analisadas as propriedades físicas de seis tatames sintéticos e um de palha. A escolha dos tatames sintéticos foi em função da grande comercialização e popularidade dos mesmos, enquanto que o tatame de palha foi selecionado pela grande tradição e preferência dos praticantes (SANTOS & MELO, 2001). Os tatames testados apresentam as seguintes especificações: 1) tatame "A" - sintético tradicional com EVA, texturizado e siliconizado, medindo 1,99 x 0,99 x 0,035 m; 2) tatame "B" - modelo Vinisoft Sintético, com duas placas EVA (compolímero etileno acetato de vinila) recheadas com espuma aglomerada AG 100, coberto com lona vinílica, medindo 2,00 x 1,00 x 0,035 m; 3) tatame "C" - de palha de arroz prensada e costurada, coberta com lona de algodão, medindo 1,76 x 0,89 x 0,06 m; 4) tatame "D" - um de espuma reconstituída de grânulos de poliuretano reciclados de 0,008 m de diâmetro, aglutinados com adesivo de poliuretano especial bicomponente, coberto por lona de vinil impermeável com base de látex antiderrapante, com dimensões de 2,00 x 1,00 x 0,04 m; 5) tatame "E" - tatame "F" e tatame "G" - emborrachados EVA, antialérgico, inodoro e atóxico, cujas dimensões, respectivas, são: 1,89 x 0,99 x 0,03 m; 1,99 x 1,00 x 0,04 m; e 2,00 x 1,00 x 0,034 m.

Na aquisição dos dados para as medidas de velocidades e acelerações, determinadas por meio de um equipamento, denominado de pêndulo balístico instrumentado (FIGURA 1), que possibilitou o cálculo do coeficiente de restituição dos diferentes tatames.

O instrumento consiste de uma esfera maciça homogênea, presa a uma haste rígida com comprimento total de 0,92m. A esfera é presa à haste no centro de percussão ($q_0 = 0,613$ m) o que confere um impulso nulo transmitido ao eixo de fixação no instante do impacto. O conjunto esfera-haste possui uma massa total de 4,0 kg. Na extremidade posterior da haste foi colocada uma escala milimétrica polar, que pode ser movimentada angularmente através do eixo de fixação e um sensor óptico foi disposto sobre a base, permitindo obter os valores das variações angulares ($\Delta\theta$) em relação à linha horizontal que passa pelo centro de massa do conjunto esfera-haste e o eixo de fixação no instante da colisão contra o tatame. Sobre a esfera foi devidamente fixado um acelerômetro uniaxial do tipo 4366 da Bruël & Kjaer, (FIGURA 2), responsável pela captação do sinal do impacto em função do tempo. O acelerômetro foi confeccionado de titânio, com dimensões de 1,9 x 1,6 mm, com capacidade máxima de choque de 50000 m/s² ou 5000 g e massa de 28,08 gramas.

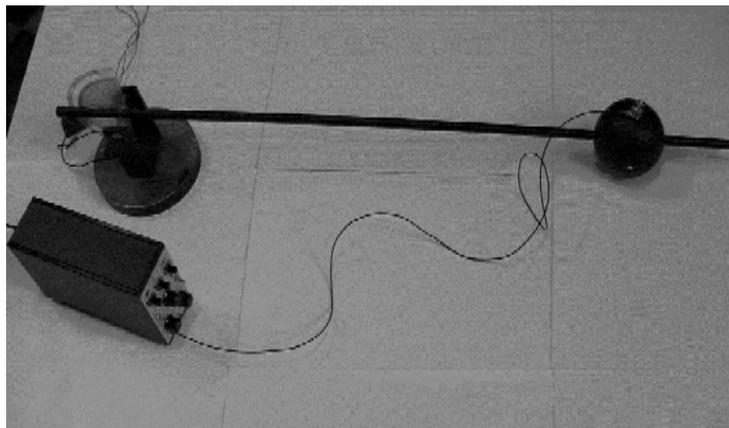


FIGURA 1 - Pêndulo balístico instrumentado.



FIGURA 2 - Acelerômetro Triaxial da Bruel & Kjaer Tipo 4366.

No processo de aquisição, a carga elétrica gerada pelo transdutor piezoelétrico na direção vertical, passa por intermédio de um cabo, para pré-amplificadores respectivos, e este por sua vez, acoplado a um sistema de terminais que divide o sinal pela metade, onde o sinal foi adquirido com uma saída de 6 volts. A aquisição propriamente dita foi feita por um “computer board” CIO-DAS 1600, com 12 bits de resolução, com 16 canais absolutos com entrada de ± 10 volts, processados pelo programa GRÁFICO SAD 32, versão 1997.

Para definir a *faixa de operação* do pêndulo balístico instrumentado e sobretudo para utilizar as equações de movimento vertical, fez-se um comparativo entre as trajetórias real semi-circular ($ds = L\Delta\theta$) com a vertical de queda livre $h = L\text{Sen}\Delta\theta$.

A FIGURA 3 mostra a diferença das trajetórias em função do ângulo $\Delta\theta$ calculado para estas duas situações. Nota-se que para um ângulo de 26° , valor máximo utilizado no experimento, a diferença das trajetórias é de aproximadamente 1,0 cm. A expansão de Taylor da função senoidal pode ser escrita como $\text{sen}(\Delta\theta) = \Delta\theta - \Delta\theta^3/3! + \Delta\theta^5/5! - \dots$ que em primeira aproximação, $\text{sen}\Delta\theta \approx \Delta\theta$, implica que $ds \approx h$. Desta forma, uma vez que o impacto se dá sobre o centro de percussão do sistema, pode-se aproximar o cálculo dos CRs considerando as equações de movimento vertical de queda livre. Isso representa um erro de 0,4% sobre os valores de CRs. Então, com base no comportamento dos dados da FIGURA 3, decidiu-se soltar o pêndulo de uma altura de 25 cm.

Faixa de Operação

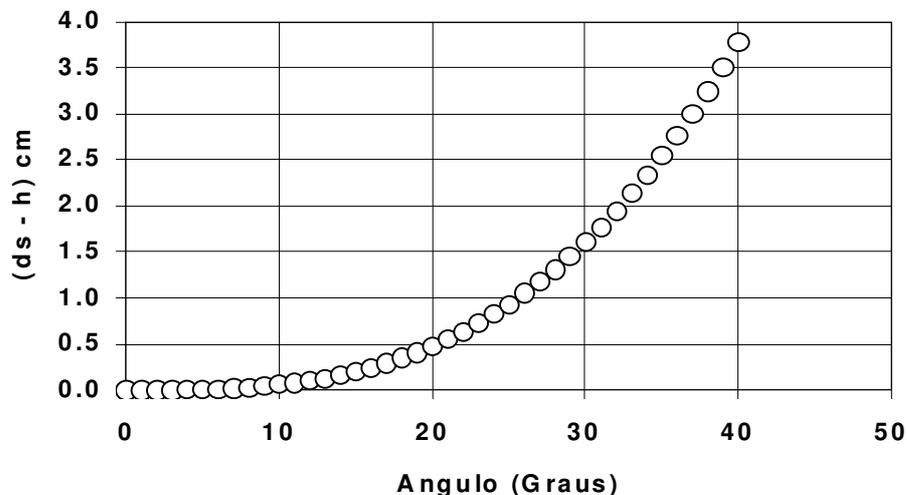


FIGURA 3 - Faixa de operação do pêndulo balístico instrumentado.

Em continuidade do processo de validação do equipamento, foram feitas aquisições de impacto para cada tipo de tatame, a fim de obter a resposta do sinal do acelerômetro em função de alturas conhecidas, 0,10 m, 0,15 m, 0,20 m, 0,25 m e 0,30 m em que o pêndulo é liberado. A partir dos valores experimentais apresentados na FIGURA 4, e QUADRO 1, obteve-se curvas de respostas características [I(mV) versus h(cm)] para cada

tatame, cujas resposta do sinal do acelerômetro para ângulos pequenos $\Delta\theta$ em que o pêndulo é solto, pode ser aproximado por uma regressão linear, com os resultados dos coeficientes lineares (a) e angulares (b) para cada tipo de tatame. Destas equações lineares, foi possível obter-se uma correspondência entre os valores de impacto e a posição vertical em função do tempo, $I(t) = a + b h(t)$ que é usado para o cálculo dos CRs.

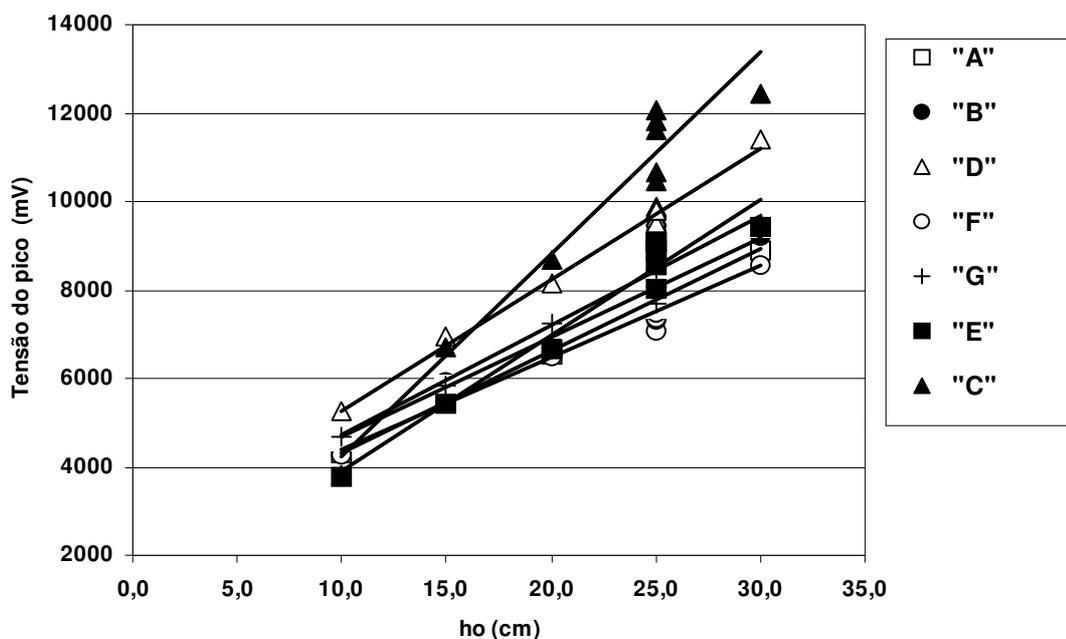


FIGURA 4 - Representação gráfica do coeficiente de linearidade das medidas obtidas no pêndulo balístico instrumentado.

QUADRO 1 - Equação da reta por regressão linear de cada tatame.

Tatames	Equações
A	$y = 230,22x + 2021$
B	$y = 225,45x + 2430,9$
C	$y = 457,39x + 357,09$
D	$y = 296,44x + 2302,6$
E	$y = 209,4x + 2285,8$
F	$y = 248,24x + 2223,6$
G	$y = 307,9x + 814,18$

Na determinação do índice de precisão entre as medidas, adotou-se os critérios estabelecidos por MELO (1995), efetuando-se 10 repetições na altura de 25 cm. Inicialmente, conforme mostrado na FIGURA 5, calculou-se o CV % =

$$\left(\frac{s}{\bar{X}} \cdot 100 \right) \text{ acumulado com } n = 10, \text{ e verificou-se}$$

que o CV% médio foi de 4,87% (mínimo de 1,65% e não ultrapassando a 6,0%). Partindo-se do pressuposto que os maiores erros incidem nos valores extremos, retirou-se então dois valores extremos (n-2), obtendo-se variabilidade entre 2,23% e 4,35% com CV% médio de 3,22%. Por último, fez-se a retirada de quatro valores extremos (n-4), e se obteve índices entre 0,57% e 1,21% com índice médio de 0,99%. Estes índices foram determinados pelo teste de Coeficiente de Variação de Pearson, que consiste na divisão do desvio padrão pela média.

Determinada a faixa de operação, os coeficientes de linearidade e os índices de variabilidade entre as medidas, considerou-se o instrumento como válido para o estudo, decidindo-se adotar a altura de 0,25 m para calcular os valores de CRs, tendo em vista que possibilita o impacto em condições de verticalidade e gera um impacto suficiente para deformação dos diferentes tipos de materiais testados.

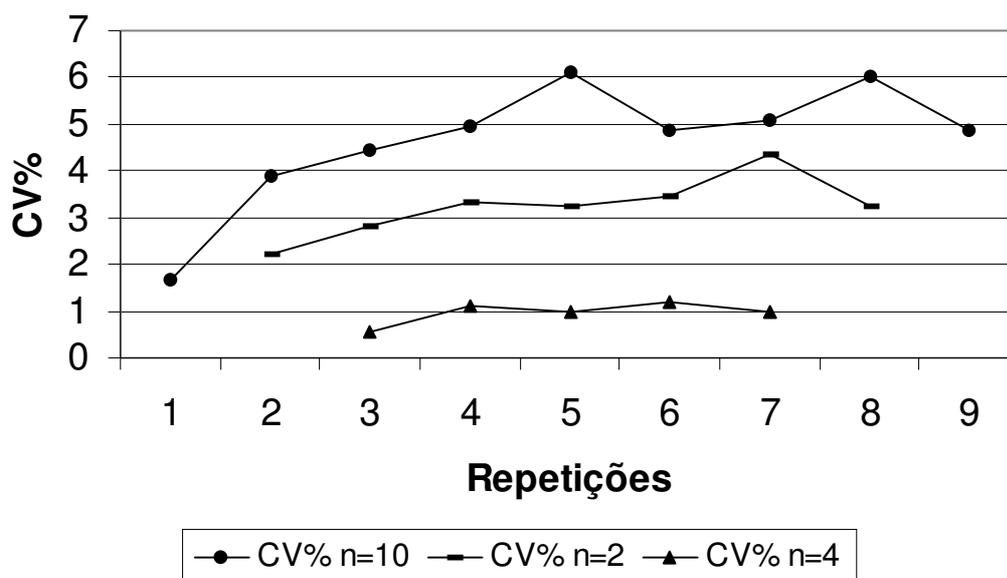


FIGURA 5 - Representação gráfica do coeficiente de variabilidade das medidas de impacto (g) obtidas no pêndulo balístico instrumentado.

Para a coleta de dados que geraram os CRs e os impactos (g) e, tendo em vista que os tatames possuíam diferentes espessuras, foi necessária a confecção de calços de madeira maciça (angelim pedra) de 0,40 m x 0,40 m com diferentes alturas, para serem colocados sob os tatames, de modo que o pêndulo colidisse perpendicularmente em cada um deles.

No processamento e no tratamento dos sinais obtidos para os cálculos dos CRs, os sinais captados

pelo acelerômetro e pelo dispositivo óptico, mediante o pêndulo balístico instrumentado, foram condicionados e amplificados por um pré-amplificador (2635 da Brüel & Kjaer), e transmitidos por uma placa conversora analógico/digital de 12 bit's (CIO-DAS1600 da Computer Board) ao programa de aquisição e processamento dos dados (SAD 32). Os cálculos dos CRs dos diferentes tipos de tatames foram obtidos com base

no princípio da conservação de energia mecânica: $CR = (h_1/h_0)^{1/2}$ onde: h_0 é a altura inicial obtida experimentalmente através das medidas ópticas (deslocamento angular - FIGURA 6) e h_1 é obtida através da equação linear (QUADRO 1) e das variações da aceleração dos impactos e subseqüentes rebotes em função do tempo (início e final conforme a FIGURA 7).

Para os cálculos de impactos (g) captados pelo acelerômetro fixado sobre o pêndulo balístico instrumentado, os valores foram retirados do pico (sinal do acelerômetro - FIGURA 6), corrigidos pelo fator utilizado no pré-amplificador (31,6) e multiplicado por $9,81 \text{ m/s}^2$.

No tratamento estatístico dos dados foi considerado o nível de mensuração das variáveis e o tipo de amostra, sendo que: a) para caracterizar e

estabelecer indicadores/parâmetros iniciais sobre os valores de coeficiente de restituição e de impactos, utilizou-se a estatística descritiva (média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação de Pearson); b) para comparar os valores das diferentes variáveis analisadas entre os diferentes tipos de tatames utilizou-se a estatística inferencial (análise da variância, combinada com o teste de comparação múltipla de Tukey), tendo em vista que é um teste com rigor suficiente para o estudo e se presta para amostra com "n" iguais; c) para correlacionar os valores dos CRs com os valores de impacto (g), utilizou-se o teste de correlação de Pearson. Em todas as comparações foi utilizado um nível de significância de 95% ($p \leq 0,05$), estabelecido com base na natureza do fenômeno e no rigor científico estabelecido para esta pesquisa.

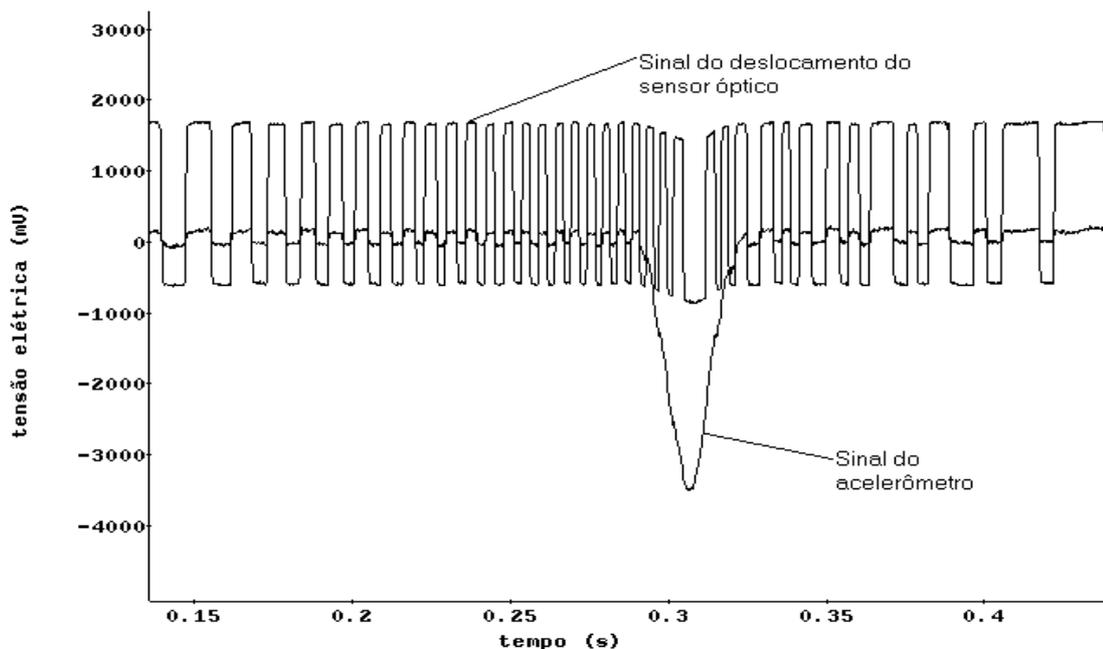


FIGURA 6 - Exemplo de uma curva obtida com o pêndulo balístico instrumentado.

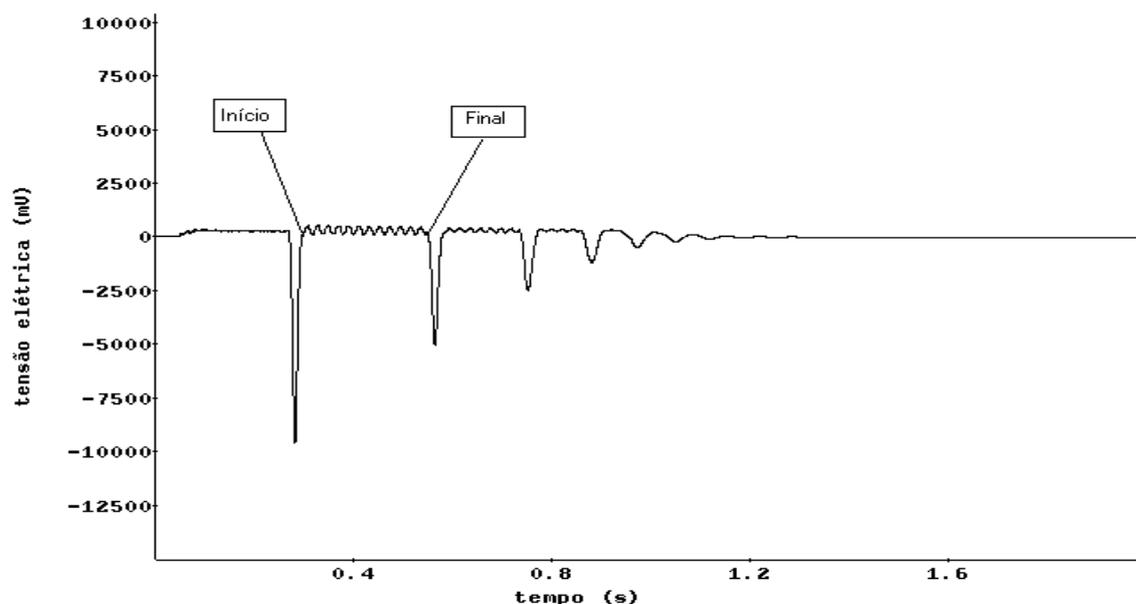


FIGURA 7 - Representação gráfica do critério utilizado para retirada do tempo para os cálculos do CR.

Resultados e discussão

Para facilitar o entendimento e compreensão do leitor, os resultados estão apresentados segundo os objetivos específicos e por variável investigada. Desta forma, o conteúdo do estudo foi assim organizado: o primeiro tópico contém os resultados referentes aos coeficientes de restituição; no segundo tópico são analisados os impactos e no terceiro será abordada a correlação das variáveis.

Coefficiente de restituição (CR)

O primeiro objetivo específico do estudo foi identificar e comparar o coeficiente de restituição (CR) entre os diferentes tipos de tatames. Os dados referentes à caracterização desta variável estão contidos no QUADRO 2, cujos valores médios também estão representados na FIGURA 8.

QUADRO 2 - Valores dos coeficientes de restituição (CRs) dos diferentes tipos de tatames.

	A	B	C	D	E	F	G	Média
X	0,67	0,55	0,53	0,56	0,56	0,65	0,65	0,60
s	0,01	0,01	0,02	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02
CV (%)	1,08	2,02	3,46	0,77	3,88	3,57	3,37	2,59
Mínimo	0,65	0,53	0,49	0,55	0,52	0,62	0,60	0,57
Máximo	0,67	0,56	0,54	0,56	0,58	0,69	0,66	0,61

Ao se analisar os dados constantes no QUADRO 2, verifica-se que os valores dos CRs oscilaram entre 0,53, tatame “C” e 0,67 tatame “A”, com um valor médio de 0,60. Verificando-se os valores de CRs, estes podem ser arranjados em dois grupos, o primeiro com valores entre 0,52 a 0,56 (tatames “C”, “B” “E” e “D”), o segundo entre 0,63 a 0,66 (tatames “A”, “F” e “G”). Na FIGURA 9 pode ser evidenciado estes dois platôs. A partir destes dados e confrontando com a literatura (HATZE, 1993; HAY & REID, 1985; VIOLLAZ, 1998), constata-se que os tatames classificados no segundo grupo, são os que têm possibilidade de transmitir maior quantidade de energia aos judocas, oriunda das forças de reação do solo, pois materiais com maior CR absorvem menor quantidade de energia.

No que diz respeito à qualidade das respostas dos diferentes tatames verifica-se que estas foram homogêneas para esta variável, com coeficiente de variação (CV) 2,6% variando entre 0,77 % (“D”) e 3,88% (“E”). Estes índices, em termos de variabilidade são considerados baixos, quando confrontados com a escala de GOMES (1990), principalmente em se tratando de dados oriundos de experimentos com medidas repetidas. O fato de se ter obtido baixos índices de variabilidade pode ser atribuído a dois fatores: a) os dados terem sido obtidos por meio de ensaios mecânicos controlados e; b) a uma boa capacidade de resiliência dos materiais que compõem os tatames.

Na continuidade da análise, fez-se a comparação dos valores dos CRs entre os diferentes tatames, apenas no eixo vertical. Para tal, aplicou-se uma análise da variância. Os resultados destas comparações estão apresentados na QUADRO 3, a seguir.

QUADRO 3 - Comparação dos coeficientes de restituição entre os diferentes tatames.

Fonte de Variação	Gl	Quadrados Médios	F	p
Entre Grupos	6	0,033253	136,12	0,00*
Dentro do Grupo	63	0,000244		

Valores médios em ordem crescente e respectivos tatames						
1o.(<)	2o.	3o.	4o.	5o.	6o.	7o.(>)
0,53	0,55	0,56	0,56	0,65	0,654	0,67
(C)	(B)	(E)	(D)	(G)	(F)	(A)

Com base nos resultados expressos no QUADRO 3, cujas médias estão plotadas no FIGURA 8, verifica-se que pelo menos um

tatame apresenta CR significativamente diferente dos demais. Para verificar onde ocorreram tais diferenças, aplicou-se uma análise “post-hoc”, sendo possível verificar que: o valor médio do tatame “A” (0,67) é diferente e maior que as médias dos tatames “C” (0,53), “B” (0,55), “E” (0,563) e “D” (0,56); a média do CR do tatame “B” (0,55) é diferente e maior que a do tatame “C” (0,53) e menor que as médias dos tatames “F” (0,65) e “G” (0,65); a média do tatame “C” (0,53) é diferente e menor que as médias dos tatames “D” (0,56), “F” (0,65) e “G” (0,65); as médias dos tatames “D” (0,56) e “E” (0,56) são diferentes e menores que as médias dos tatames “G” (0,65) e “F” (0,654).

Em síntese, o tatame “C” apresentou a menor média (0,53) de CR e o tatame “A” a maior (0,67). Não foi constatada diferença estatisticamente significativa entre as médias dos tatames “A” com “F” e “G”; do tatame “B” com as dos tatames “D” e “E”; e do tatame “D” com a do tatame “E”.

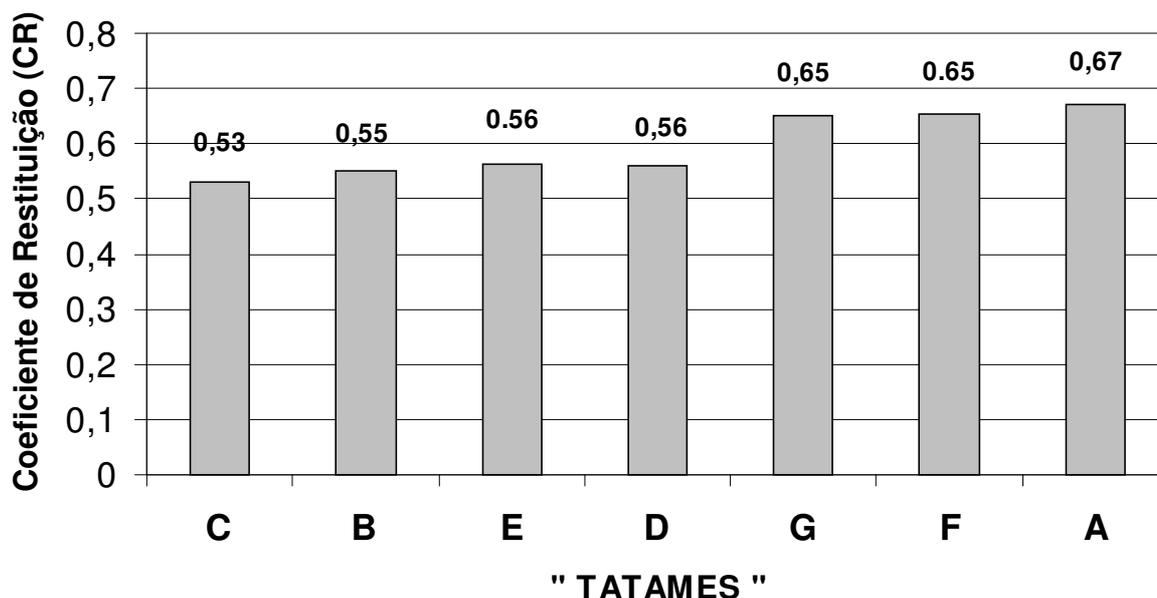


FIGURA 8 - Valores médios dos coeficientes de restituições (CRs) dos diferentes tatames.

Com relação à magnitude dos valores de CRs, expressos no QUADRO 2 representados no FIGURA 8, constata-se que os valores de CRs dos diferentes materiais testados, cujas variações foram de 0,53 a 0,67, estão inclusos na segunda metade da amplitude da escala dos valores teóricos desta variável, citados na literatura, que varia de zero a um. Também não foram constatados na literatura pesquisada, estudos e/ou

normas que estabeleçam valores de CRs para tatames utilizados na modalidade de Judô. A única referência que se tem conhecimento, que estabelece valores para absorção de impactos e retorno de bolas para pisos de ginásios poliesportivos de um modo geral, é a norma DIN 18.032 parte 2.

Diferentemente do que ocorre no Judô, existem valores pré-estabelecidos para CR entre

materiais em várias modalidades esportivas. Como por exemplo, na modalidade de basquetebol, as regras (FIBA, 1998) estabelecem que esta deve ser solta de uma altura de 1,80 m e retornar a uma altura não menor que 1,20 m e não maior que 1,40 m, para que tenha condição de jogo, o que equivale um CR entre 0,73 e 0,80, respectivamente, para as alturas mínima e máxima. Na modalidade de tênis, VIOLLAZ (1998) obteve para a interação da bola de tênis com raquete oca, um CR médio de 0,43 e para raquete convencional de 0,37. Com relação à interação de diversos materiais com piso de madeira, HAY (1981) apresenta os CRs das bolas de basquetebol e futebol equivalente a 0,76; bola de voleibol 0,74; bola de tênis nova 0,67 e bastante usada 0,71. Este autor também cita que uma bola de voleibol solta de uma altura de 33 cm num colchão para prática de ginástica de 20,32 cm de espessura apresenta um CR de 0,42.

Também com relação à magnitude dos valores de CRs, RAJALINGHAM e RAKHEJA (2000) analisando a variação das forças de impacto durante a colisão de dois corpos em um sistema com um grau de liberdade, concluem classificando as forças de impacto em dois tipos, em função dos valores de CR, como sendo maior ou menor que 0,3. Segundo este critério, mesmo não sendo específico para tatames, pode-se afirmar que estes têm CRs altos. Todavia, considerando as características da prática, existem outros fundamentos que justificam tais coeficientes. Como por exemplo, as forças de impactos seriam reduzidas com tatames de baixos CRs, porém seriam tão macios que se deformariam facilmente com o peso dos judocas. Tal característica ainda faria com que as superfícies tivessem um alto coeficiente de atrito, que dificultaria os deslizamentos utilizados na maioria das técnicas de projeção que são realizadas em deslocamento. Estes resultados apontam para a necessidade de estudos com maior abrangência levando em consideração um maior número de variáveis simultaneamente na busca de uma equação que possa atender as diferentes características relacionadas aos fundamentos técnicos da modalidade.

Mesmo assim, ao se considerar a forma como se utiliza os tatames, na medida em que ocorrem impactos, predominantemente verticais, do corpo do judoca contra o material, teoricamente, quanto menores forem os CRs, menores seriam as forças de reações geradas contra o corpo do judoca (impactos e vibrações).

Valores de impacto gerados por um pêndulo balístico instrumentado

O segundo objetivo específico do estudo foi o de identificar e comparar os impactos gerados por ensaio mecânico. Na tentativa de caracterizar os valores dos impactos, adotou-se a estatística descritiva, cujos valores estão expressos no QUADRO 4.

QUADRO 4 - Valores dos impactos obtidos no pêndulo balístico (expresso em g).

	A	B	C	D	E	F	G	Média
X (g)	25,11	26,00	36,54	31,24	32,88	24,24	27,27	29,04
s (g)	0,47	0,55	2,19	0,46	1,32	0,76	1,04	0,97
CV (%)	1,88	2,13	6,0	1,46	4,00	3,15	3,80	3,2
Mínimo (g)	24,48	24,70	33,71	30,57	30,27	22,87	24,87	27,35
Máximo (g)	25,94	26,60	38,94	31,91	35,13	25,53	28,18	30,32

Analisando os dados contidos no QUADRO 4, verifica-se que os valores mais altos de impactos foram gerados nos tatames "C" (36,54 g), "E" (32,88 g) e "D" (31,24 g) e o valor médio dos materiais foi de 29,04 g e os mais baixos nos tatames "F" (24,24 g) e "A" (25,11 g). Todavia, nesta análise priorizou-se a classificação em detrimento das magnitudes, tendo em vista que os valores absolutos podem variar conforme as características das colisões e das massas dos corpos que interagem, mesmo porque não se tem valores na literatura para confronto com estes dados.

No que concerne ao comportamento das respostas dos tatames ao pêndulo balístico instrumentado, estas foram homogêneas (CV= 3,2%) oscilando entre 1,9% e 6,0%. Estes índices, na classificação de GOMES (1990), são considerados de baixa variabilidade, na medida em que são inferiores a 10%. Tais índices estão contidos na faixa de valores esperados, tendo em vista se tratar de experimento sob condições controladas e realizadas com dispositivos mecânicos. Provavelmente a variabilidade dos impactos gerados pelo corpo do judoca em situação real, seria maior em função da característica desta prática. Também, os índices de variabilidade nas respostas dos impactos, ratificam os obtidos nas medidas dos CRs analisadas no tópico anterior (3.1) e ambos estão relacionados com a resiliência do material, que por sua vez pode estar relacionada com a durabilidade do mesmo. Na seqüência da análise faz-se a comparação destes valores cujos resultados das comparações dos valores de impacto dos diferentes tipos de tatames, são mostrados no QUADRO 5.

QUADRO 5 - Comparação dos valores de impacto (g) no eixo vertical, entre diferentes tatames obtidos por meio do pêndulo balístico instrumentado.

Fonte de Variação	Gl	Quadrados Médios	F	P
Entre Grupos	6	211,06	165,38	0,00*
Dentro do Grupo	63	1,28		

Médias em ordem crescente e respectivos tatames						
1o.(<)	2o.	3o.	4o.	5o.	6o.	7o.(>)
24,24	25,11	26,00	27,27	31,24	32,88	36,54
(F)	(A)	(B)	(G)	(D)	(E)	(C)

* significativo ($p \leq 0,05$).

Analisando os resultados contidos no QUADRO 5, a partir dos resultados da análise da variância, verifica-se que existe diferença significativa nos valores médios de impacto, em

que pelo menos um tatame apresenta valores diferentes dos demais. Para identificar onde ocorreram a(s) diferença(s), aplicou-se uma análise “post-hoc” cujos resultados permitiram as seguintes considerações: o tatame “F” (24,24 g) foi o que apresentou menor valor de impacto quando submetido ao pêndulo balístico e o tatame “C” o maior (36,54 g); as médias dos tatames “D”(31,24 g); “E” (32,88 g) e “C” (36,54 g) são diferentes e maiores que as de todos os demais tatames; a média do tatame “A” (25,11 g) foi diferente e menor que a do tatame “G” (27,27 g); a do tatame “F” (24,24 g) foi diferente e menor que a dos tatames “G” (27,27 g) e “B” (26,00 g); não foi constatada diferença significativa nos valores de impacto do tatame “A” com os tatames “B” e “F” e do tatame “B” com o tatame “G”. Estes resultados estão ilustrados na FIGURA 9.

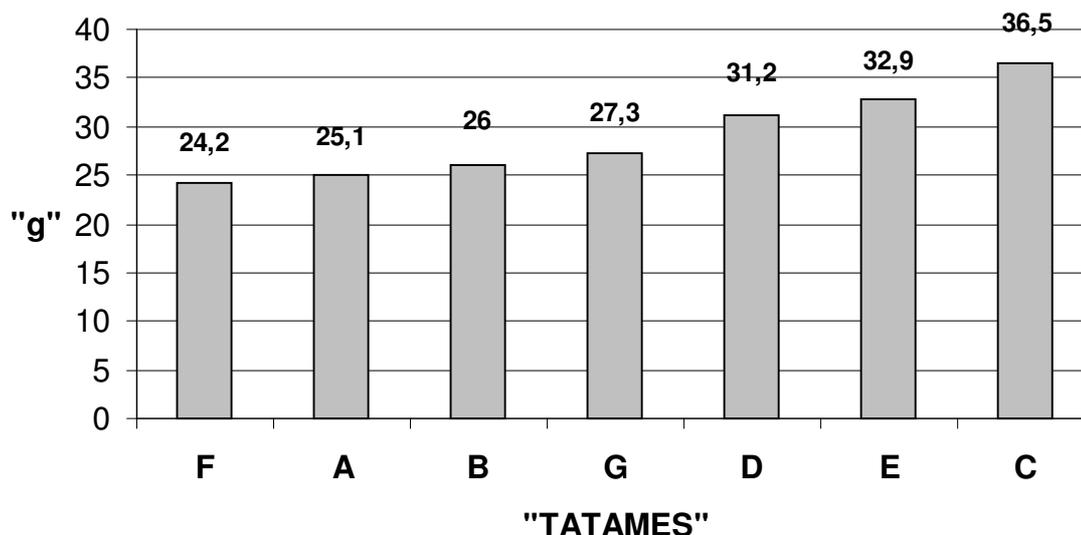


FIGURA 9 - Valores dos impactos (g) do pêndulo balístico nos diferentes tipos de tatames.

Não se encontrou na literatura pesquisada, estudos que apresentem a composição detalhada dos materiais utilizados para a fabricação dos tatames, para que se possa associar as propriedades mecânicas a esta composição. Mesmo assim, a partir dos dados das variáveis analisadas (CR e impacto), parece haver uma certa coerência interna na explicação de tais resultados. Assim, a partir do fundamento teórico de cada variável pode-se atribuir que os tatames que apresentaram maiores valores de CRs (“A”, “F”, “G” e “B”) foram os que apresentaram menores valores de impacto (g). O fato deste grupo de tatames ter apresentado maiores valores de CRs é explicado

fisicamente pela forma diferente de respostas dos materiais aos diferentes tipos de cargas, que no caso, apresentam uma relação mais forte com o restabelecimento da forma (elasticidade) e com a capacidade de resiliência que indiretamente implica na durabilidade do material e por fim numa relação custo benefício, conforme citado anteriormente.

Com o intuito de comprovar a coerência interna, já referida, aplicou-se uma correlação de Pearson ($r = -0,80$) entre CRs dos tatames com os valores de impactos destes, cujo resultado indicou que houve forte correlação negativa, demonstrando-se assim a coerência dos dados. Apesar do valor encontrado

explicar fisicamente o inter-relacionamento das variáveis analisadas, não se teve acesso a estudos específicos realizados com tatames para que fosse estabelecido o confronto com esses achados.

Finalmente, a partir dessas constatações ressalta-se a inexistência de normas e testes que orientem na construção de tatames, pois segundo

informações técnicas (VEIGA, 2002) é realizado somente o teste específico para fator de segurança contra incêndios - ASTM E 648-99 (Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor - Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source), em apenas um dos tipos de tatames testado neste estudo.

Considerações finais

Com base nos resultados obtidos, é possível formular algumas considerações:

Com relação ao coeficiente de restituição (CR), os valores dos materiais testados estão inclusos na segunda metade da amplitude da escala dos valores teóricos desta variável (0 a 1), sendo um grupo formado por valores entre 0,63 a 0,66 (tatames "A", "F" e "G"), e o outro com valores entre 0,52 a 0,56 (tatames "C", "B", "E" e "D"). Em termos de referência entre materiais com altos e baixos CR, pode-se valer da conclusão de RAJALINGHAM e RAKHEJA (2000) que classificam as forças de impacto em dois tipos, em função dos valores de CR, maior ou menor que 0,3. Neste caso os CRs de todos os tatames analisados são altos.

No que diz respeito aos impactos (g) transmitidos na interação pêndulo versus diferentes tipos de tatames, constatou que os tatames "A", "F", "G" e "B" foram os que apresentaram menores valores de impacto, os tatames "D", "E" valores intermediários e o tatame "C" o maior valor. Não sendo possível julgar a magnitude pela falta de valores de referência.

De um modo geral, e considerando as variáveis analisadas (CR e impacto) parece haver uma certa coerência interna nos resultados. Pois o grupo de

tatames que apresentou maiores valores de CRs foi também o que apresentou menores valores de impacto (g), explicado fisicamente pela forma diferente de respostas dos materiais aos diferentes tipos de cargas, ou seja, enquanto o impacto apresenta uma relação mais forte com a deformação (maciez) o CR apresenta uma relação mais forte com o restabelecimento da forma e com a capacidade de resiliência que indiretamente implica na durabilidade do material. Acima de tudo, todas dependentes da forma e da estruturação da matéria.

Os resultados do estudo indicam que os tatames "A" e "F" são os recomendáveis para amortecimento de quedas no judô, e, ainda, apontam para a necessidade de mais investigações levando em consideração um maior número de variáveis, tais como: análise da composição química dos materiais, a densidade e a resiliência. Bem como, desenvolver uma equação que possa explicar a contribuição das diferentes variáveis sobre a qualidade dos tatames, tendo em vista as características dos fundamentos técnicos desta modalidade.

Abstract

Mechanical characteristics of tatamis used in judo

The purpose of this study was to evaluate physical and mechanical characteristics of different tatamis. It is important to determine the desirable characteristics of tatamis to enhance judo wrestlers safety due to frequent falls on the tatami. Seven tatami types were intentionally selected six of synthetic material and one of straw. A ballistic pendulum connected to an accelerometer was used to measure their physical characteristics. The data were analyzed by descriptive and inferential statistics, analyses of variance with Tukey multiple comparison test and Pearson's correlation analysis with significant level established at 0.05. The results showed: a) a high coefficient of restitution (CR) of the tatamis with average about 0.60; b) the highest impact value transmitted by the pendulum tatami interaction was found in tatami type "C" (36.54 g) and the lowest in tatami type "F" (24.24 g) and c) a high negative correlation between CR and impact ($r = - 0.80$). These results allowed us to recommend the tatamis type "A" and "F" for judo practice and to suggest other

studies, taking into consideration a greater number of variables, such as: chemical analyses of the materials used to make tatamis, the density and the resilient.

UNITERMS: Judo; Coefficient of restitution; Impact; Tatamis.

Referências

- FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE BASKETBALL. **Regras oficiais de basketball**: 1994-1998. [S.l.: s.n., s.d.].
- GALLI, M.L.; SANTOS, S.G.; DUARTE, M.F.S. Lesões em judocas: estudo de algumas possíveis causas. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO E VEICULAÇÃO DO CONHECIMENTO EM EDUCAÇÃO FÍSICA, 3., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2000. p.93.
- GAMA, R.J. **Manual de iniciação ao judô**. Rio de Janeiro: Grupo Palestra Sport, 1986.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990.
- HATZE, H. The relationship between the coefficient of restitution and energy losses in tennis rackets. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v.9, p.124-42, 1993.
- HAY, J.G. **Biomecânica das técnicas desportivas**. Rio de Janeiro: Interamericana., 1981.
- HAY, J.G.; REID, J.G. **As bases anatômicas e mecânicas do movimento humano**. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1985.
- LIMA, A.G.T.; NOGUEIRA, J.I.C. Incidência de lesões em judocas do sexo feminino. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 50., 1998, Natal. **Anais...** Natal: UFRGN, 1998. p. 272.
- LIMA, A.G.T.; NOGUEIRA, J.I.C.; ROCHA, V.M. Incidência de lesões em judocas amadores. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA DE PAÍSES DA LINGUA PORTUGUESA, 6., 1998, La Corunã. **Anais....** La Corunã: INEF, 1998. p.280.
- MELO, S.I.L. **Coefficiente de atrito: um sistema de avaliação usando o princípio de plano inclinado**. 1995. 188f. Tese (Doutorado em Ciência do Movimento Humano) - Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- RAJALINGHAM, C.; RAKHEJA, S. Analysis of impact force variation during collision of two bodies using a single-degree-of-freedom system model. **Journal of Sound and Vibration**, London, v.229, n.4, p.823-35, 2000.
- ROCHA, A. Algumas considerações sobre as quedas no judô: contributos para sua análise. **Revista Ludens**, Lisboa, v.8, n.3, p.13-9, 1984.
- ROQUETTE, J. Sistematização e análise das técnicas de controle das quedas no judô ("ukemis"). **Revista Ludens**, Lisboa, v.14, n.2, p.45-53, 1994.
- SAD32 VERSÃO 2.5. **Sistema de aquisição de dados: manual do usuário**. Porto Alegre: DEMEC/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. (Caderno Didático de Engenharia Mecânica).
- SANTOS, S.G.; DUARTE, M.F.S.; MELO, S.I.L. Percepção de conforto corporal em judocas frente aos impactos ("ukemis") no judô. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 23., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CELAFISCS, 2000. p.164.
- SANTOS, S.G.; MELO, S.I.L. Biomecânica aplicada ao judô. In: FRANCHINI, E. **Judô desempenho competitivo**. São Paulo: Manole, 2001a. cap. 3, p.97-125.
- _____. Estudo da preferência do tipo de "tatame" para diferentes situações de prática no judô. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 53., 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: UFB/UEFS, 2001b. (1 cd)
- SANTOS, S.G.; SHIGUNOV, V. Percepção do atleta sobre as causas de suas lesões. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 16., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: FIEP, 2001. p.273.
- VEIGA, M. **Testes para tatames**. Disponível em: <<http://200.24.131/cgi-bin/webmail.exe>>. Acesso em: 04 jul. 2002.
- VIOLLAZ, F.J. **Estudo mecânico da raquete de paddle**. 1998. 188f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Movimento Humano) - Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Santa Maria.

ENDEREÇO

Sebastião Iberes Lopes Melo
Centro de Educação Física e Desportos - CEFID
R. Paschoal Simone, 358 - Coqueiros
88080-350 -Florianópolis -SC - BRASIL

Recebido para publicação: 08/10/2002
Revisado: 27/09/2004
Aceito: 19/10/2004