

# AValiação DAS VIBRAÇÕES INDUZIDAS AO SISTEMA MÃO-BRAÇO NA PRÁTICA DE BASQUETEBOL – ESTUDO DE CASO NUMA EQUIPA FEMININA SUB-16

## EVALUATION OF INDUCED VIBRATIONS DURING BASKETBALL TRAINING ON HAND-ARM SYSTEM DURING BASKETBALL TRAINING- CASE STUDY IN A SUB-16 WOMAN TEAM

A. M. Amaro<sup>1,3</sup>, L. M. F. Roseiro<sup>2,3</sup>, M. F. Paulino<sup>1</sup>, C. Alcobia<sup>2</sup>, M. A. Neto<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Politécnico de Coimbra,

<sup>3</sup>CEMUC, Department of Mechanical Engineering, University of Coimbra



### RESUMO

*Na prática desportiva, tanto no âmbito ocupacional como em contexto federado, os praticantes submetem-se a condições que colocam à prova o corpo humano de diversas formas. É entendimento geral que a prática desportiva é saudável, contudo existem solicitações limite a que o corpo humano pode ser submetido, que se forem ultrapassadas podem transformar os benefícios do desporto em problemas de saúde. As vibrações induzidas ao corpo humano na prática desportiva é uma das situações que importa observar. Neste trabalho apresentam-se os resultados obtidos numa avaliação das vibrações induzidas no sistema Mão Braço em jovens atletas praticantes de basquetebol. O estudo foi desenvolvido com o acompanhamento de uma equipa feminina sub-16 e o protocolo considera seis exercícios diferentes, com aquisição de dados feita a partir da instrumentação de ambas as mãos das atletas voluntárias. Foi ainda estimada a influência do tipo de piso nas vibrações induzidas nas atletas. Dado não existir uma norma que suporte os limites das vibrações induzidas na prática desportiva, os dados obtidos foram analisados tendo como base as indicações de conforto e proteção da saúde das atletas de acordo com a norma ISO 5349 e a diretiva nº 2002/44/EU.*

### ABSTRACT

*In sports, whether in federated or amateur practitioners, the human body is put to the test in many different ways. Being naturally healthy your practice, there are some limit requests that the human body can be submitted. If these limits are exceeded, the benefits of sport can become into problems for athlete's health. In this study vibrations in Hand-Arm systems during the basketball practice were evaluated, in a female team, considering six different actions, right hand and left hand. It was evaluated the influence of the floor type in the induced vibrations in the athletes. If there is no standard that governs the vibrations induced in the practice of sports the data from biomechanical study were analyzed in terms of comfort and health of athletes according to the international standard ISO 5349. The values obtained are compared with international reference values, indicated by directive No. 2002/44/EC currently used in the country.*

## 1. INTRODUÇÃO

O basquetebol é um desporto aceite e praticado a nível mundial, envolvendo atletas cuja faixa etária vai dos 5 aos 80 anos. O basquetebol é geralmente praticado na rua ou em pavilhões, tanto em contexto ocupacional como em competição. Atendendo ao elevado número de praticantes desta modalidade desportiva, alguns investigadores têm evidenciado interesse em estudar o seu efeito ao nível da saúde. Contudo, a sua investigação têm sido direcionada para o estudo dos membros inferiores (sistema pé-perna) e não ao nível de vibrações induzidas, em especial no sistema mão-braço (VMB). De facto, a literatura não disponibiliza qualquer trabalho de investigação envolvendo o estudo de vibrações na prática de basquetebol. Contudo, existem já diversos estudos ao nível das VMB em alguns desportos. Por exemplo Roseiro *et al.* (2016) avaliaram as vibrações induzidas em praticantes de enduro e de ciclismo, tendo concluído que em certas situações, em função do piso, a prática destas modalidades induzia riscos consideráveis na saúde dos atletas. No presente trabalho descreve-se um estudo biomecânico que considera a avaliação e quantificação das vibrações induzidas ao sistema mão-braço em jovens atletas sub-16 de uma equipa federada em basquetebol. Os dados foram recolhidos durante os treinos e em situação de jogo, tendo sido analisados de acordo com as indicações e valores de referência da norma ISO 5349 e da diretiva 2002/44/UE. O estudo pretende identificar se a prática do basquetebol não introduz riscos para a saúde do praticante, associados às vibrações induzidas no sistema músculo-esquelético, em particular o sistema mão-braço.

## 2. VIBRAÇÕES NO SISTEMA MÃO-BRAÇO

De acordo com Fernandes (2000), considera-se que um corpo está em vibração quando descreve um movimento oscilatório em torno de um determinado ponto, denominado por ponto de referência. Se o movimento da vibração exibir uma única frequência designa-se por regular, caso apresente mais de uma frequência, é designado por irregular. As VMB têm sido alvo de

estudos devido aos efeitos nocivos no corpo humano que as mesmas provocam. No entanto, a documentação referente a VMB é essencialmente ao nível de trabalhadores que usam no local de trabalho instrumentos mecânicos que induzem vibrações, como por exemplo martelos pneumáticos. De acordo com Milosavljevic *et al.* (2011) no estudo da exposição humana à vibração deve-se ter em conta a amplitude e a frequência da vibração, bem como o tempo de exposição e a sensibilidade de cada pessoa. Braga (2007) defende que os efeitos induzidos no corpo humano pelas vibrações variam de forma gradual e em função da sua intensidade. O corpo humano possui diversas frequências próprias de vibração, as quais estão diretamente relacionadas com a massa corporal. Assim, os valores apresentados pelas frequências naturais podem ser diferenciados para cada uma das suas partes. Anflor (2003) resumiu numa figura (Fig.1) as principais frequências naturais típicas que podem ser detetadas no corpo humano. Nesta figura é possível observar-se que, na realidade, existem diferenças significativas nos valores apresentados para as frequências naturais, em função da zona do corpo em avaliação.

Em função da zona do corpo que se encontra sujeita a vibrações, estas podem ser identificadas como vibração corpo inteiro (VCI) e vibração no sistema mão-braço (VMB).

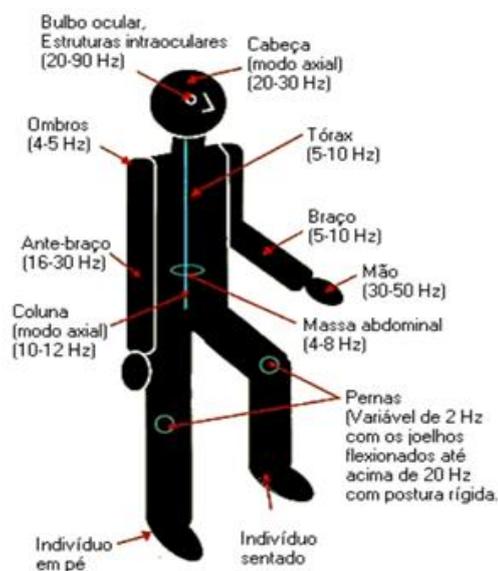


Fig 1. Resumo das principais frequências naturais do corpo humano (Anflor, 2003).

As VCI são transmitidas a partir das áreas de apoio, tais como os pés numa pessoa em pé; ou as costas, os pés e as nádegas para uma pessoa sentada. Para Braga (2007) a probabilidade de ocorrência de lesões fisiológicas e patológicas cresce de acordo com a intensidade e a duração da exposição do corpo humano às vibrações. Alguns autores, como por exemplo Soeiro (2011), defendem que as VMB afetam principalmente os sistemas vascular, neurológico, osteoarticular e muscular. Alguns dos principais sintomas referidos nos estudos deste autor são a perda parcial da sensibilidade mo-tora e distúrbios circulatórios e musculoesqueléticos, aos quais está diretamente associada a doença de Raynaud, vulgarmente designada como doença dos dedos brancos. Esta doença é induzida por espasmos que provocam diminuição de circulação sanguínea com início nas extremidades dos dedos podendo-se propagar até à palma das mãos.

### 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a avaliação do efeito das VMB na prática de basquetebol foram realizados testes com as atletas que constituíam a equipa feminina Sub-16 da Associação Académica de Coimbra. Os dados das vibrações induzidas foram recolhidos em 12 atletas com idades compreendidas entre os 12 e os 16 anos. Das 12 atletas apenas 1 não era destra.

O sistema de aquisição das frequências de vibração considera um acelerómetro tri-axial e uma luva especialmente desenvolvida para o correto encaixe e posicionamento do acelerómetro, sem intervir no conforto e manipulação da bola, de modo a que não houvesse interferência nos resultados. Esta luva, que pode ser visualizada na Figura 2, revelou ser de importância extrema para a realização deste estudo. O acelerómetro encontrava-se ligado a uma placa de aquisição de dados da National Instruments (NI 9129 série C), com um sistema de comunicação para PC via *wireless*. Os dados eram posteriormente avaliados por recurso ao programa LabView®, sendo utilizado um código que permite a análise das vibrações em termos de amplitude e frequência.



**Fig 2.** Luva desenvolvida para o posicionamento do acelerómetro.

O protocolo de aquisição considera os seguintes movimentos típicos de um jogo de basquetebol (Fig. 3): drible normal (a); drible baixo (b); lançamento (c); receção (d). O drible é efetuado com a mão direita e com a mão esquerda. Durante os movimentos, além da luva com o acelerómetro, as atletas usavam uma mochila que continha o sistema de aquisição sendo os dados enviados para um computador portátil. Cada atleta executou cada movimento em estudo durante 150 segundos, tempo de registo efetuado para cada situação. Os testes foram executados em piso com caixa de ar e em piso sem caixa de ar, de modo a identificar a influência do tipo de piso nas vibrações induzidas.

Antes de se iniciarem os testes foi determinado o fator IMC para todas as atletas. Este fator é uma medida internacional utilizada para calcular se uma pessoa está no peso ideal ou risco de obesidade ou de magreza extrema, sendo calculado pela seguinte equação:

$$IMC = \frac{Massa (kg)}{Altura(m) * Altura(m)} \quad (1)$$

Segundo a norma ISO 5349-1, as medições devem ser realizadas tendo como referência um sistema de eixos ortogonais, podendo optar-se por um dos seguintes sistemas: Biodinâmico ou Basicêntrico. No sistema Biodinâmico, a cabeça do terceiro metacarpo é considerada como ponto de origem do sistema de eixos. No sistema Basicêntrico, a origem do referencial está lo-

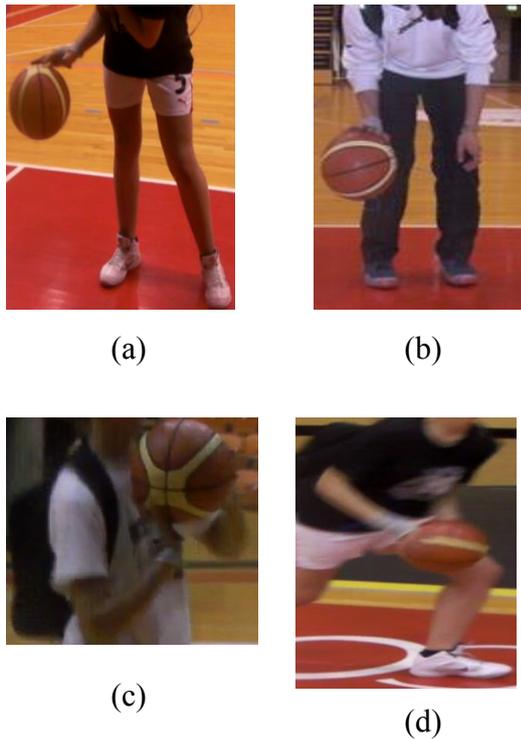


Fig. 3. Movimentos avaliados em termos de vibração.

calizada na interface entre a mão e a superfície de transmissão de vibração. A orientação dos eixos, relativamente à mão, e o posicionamento da mesma, relativamente à superfície de vibração, é apresentado para cada um dos sistemas na figura 4.

Numa avaliação de exposição da VMB os parâmetros avaliados são:

- Aceleração (que deve ser medida segundo todas as suas direções);
- A(8), nível de exposição diário a vibração;
- RMS que representa a média quadrática do sinal;
- Fator de forma/crista, que dá indicações sobre a homogeneidade do sinal, servindo

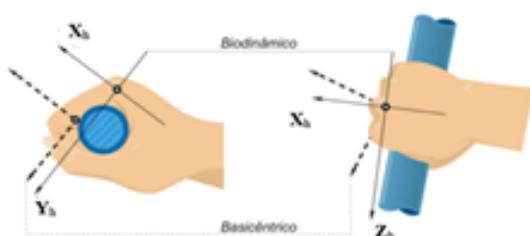


Fig. 4. Sistema de coordenadas usadas na avaliação de exposição a vibração no sistema mão braço.

para identificar os picos anómalos;

- Nível de Pico, que indica os valores máximos.

A aceleração eficaz ponderada em frequência,  $a_{rms,hw}$ , deve ser determinada segundo cada um dos eixos coordenados e é obtida de acordo com a equação 2:

$$a_{rms,hw} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_{hw}^2(t) dt \right]^{1/2} \quad (2)$$

onde:

$a_{rms,hw}$  - aceleração eficaz ponderada em  $[ms^{-2}]$ , segundo cada um dos eixos ortogonais;

$a_{hw}(t)$  - aceleração instantânea, em  $[ms^{-2}]$ , ponderada em frequência;

T - Duração da medição [s].

A letra, h, apenas indica que se está a avaliar o sistema mão-braço.

De acordo com a norma ISO 5349-1 o valor a contabilizar na avaliação da exposição à vibração deve ser o total de aceleração  $a_{hv}$ :

$$a_{hv} = \left[ a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

em que  $a_{hw_x}$ ,  $a_{hw_y}$  e  $a_{hw_z}$  são as acelerações ponderadas em relação aos eixos ortogonais x, y e z, respetivamente.

O valor de aceleração total,  $a_{hv}$ , deve ser normalizado para um período de exposição equivalente a 8 horas, parâmetro A(8), o qual pode ser utilizado para estimar a duração de exposição D, em anos, que permite aferir a probabilidade de 10% de ocorrência de dedos brancos, em conformidade com o definido pela norma. O cálculo dos valores A(8) é feito de acordo com

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (4)$$

onde T representa a duração diária de exposição à vibração e  $T_0$  o período normalizado de horas de trabalho (oito horas). Neste estudo considera-se T obtido pela média diária correspondente aos treinos semanais e ao jogo no fim de semana, sendo este um valor variável em função do tipo de exercício. Este valor foi

obtido a partir da observação dos registos vídeo dos treinos e jogos das atletas. A duração da exposição é calculada de acordo com a equação (5):

$$D = 31,8 \times [A(8)]^{-1,06} \quad (5)$$

De acordo com a norma ISO 5349-1 os valores aceitáveis de A(8) para VMB são os apresentados na Tabela 1. Em termos de aceleração RMS dominante os valores limites, também para o caso de VMB, são os apresentados na Tabela 2

**Tabela 1.** Limites máximos do fator A(8).

	Zona aceitável	Zona de intervenção	Zona de risco
VMB	$A(8) < 2,5 \text{ ms}^{-2}$	$2,5 < A(8) < 5 \text{ ms}^{-2}$	$A(8) > 5 \text{ ms}^{-2}$
Tipo de ação	Segurança	Estabelecer ou implementar programa de medidas técnicas e/ou organização	As pessoas em causa não podem em nenhuma situação estar expostas a estes níveis de vibração

**Tabela 2.** Limites máximos do fator RMS dominante (Vendrame, 2008).

Duração total da exposição diária	Valores da componente de aceleração rms dominante que não devem ser ultrapassados [ $\text{ms}^{-2}$ ]
Mais de 4h e menos de 8h	4
Mais de 2h e menos de 4h	6
Mais de 1h e menos de 2h	8
Menos de 1h	12

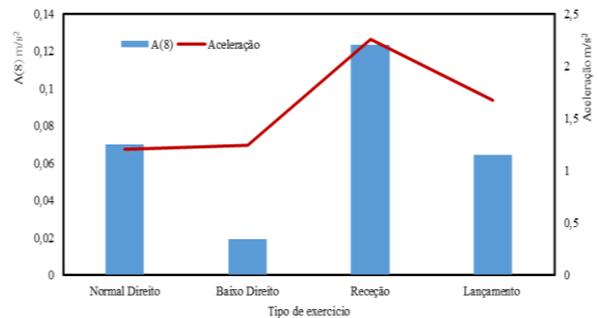
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os dados antropométricos e o parâmetro IMC referente a cada atleta voluntária do estudo.

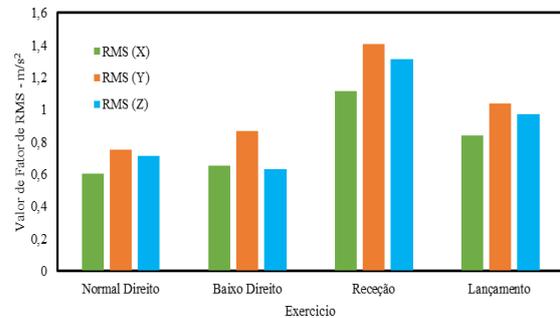
**Tabela 3.** Dados antropométricos das atletas.

Atleta nº	Epoca nº	Idade	Altura (cm)	Massa (kg)	Mão de Jogo	Dados Antropométricos (cm)		Envergadura (cm)	Posição
						Esquerda	Direita		
1	8	15	161	57	Direita	17,0	17,0	156	Base
2	2	14	159	56	Direita	18,0	18,0	159	Extremo
3	7	15	169	68	Direita	18,0	18,0	165	Poste
4	6	15	170	55	Direita	18,5	18,5	169	Extremo
5	7	15	172	61	Direita	18,0	18,0	165	Extremo
6	3	14	151	50	Esquerda	17,5	17,5	147	Extremo
7	3	14	162	49	Direita	18,0	18,0	162	Extremo
8	7	15	164	57	Direita	16,0	16,0	158	base
9	6	13	165	49	Direita	16,5	16,5	159	base
10	7	14	176	67	Direita	20,5	20,5	183	Poste
11	3	15	163	50	Direita	18,0	18,0	158	Poste
12	6	12	168	45	Direita	17,0	17,0	168	Base

Nas figuras 5 e 6 apresentam-se os valores médios obtidos para o parâmetro A(8) e para os valores de RMS, em piso com caixa de ar e para movimentos efetuados com a mão direita, respetivamente, em função de cada exercício executado. A análise da Fig. 5 permite constatar que o valor de A(8) se encontra sempre na zona aceitável, de acordo com a Tabela 1, sendo que o valor mais elevado é determinado para a situação de receção, o que pode ser justificado pelo facto da bola ser enviada com velocidade elevada. Em relação à Fig. 6 verifica-se que os valores de RMS no eixo dos Y (eixo que é perpendicular à palma da mão), são os mais elevados em todos os movimentos em análise.



**Fig. 5.** Médias de A(8) e Aceleração por exercício (mão direita).



**Fig. 6.** Comparação dos valores de RMS para cada exercício (mão direita).

Considerando o drible normal, este valor é superior em cerca de 20% quando comparado com o respetivo valor para o eixo dos X e 5% maior em relação ao valor do eixo dos Z. Contudo, a maior diferença observa-se para a situação de drible baixo em que o valor para o eixo dos Y é 25% e 27 % superior em relação ao eixo dos X e dos Z, respetivamente. Outra comparação na análise aos dados teve em conta a posição em jogo que cada atleta ocupa. A Fig. 7 ilustra os resultados obtidos.

Pode-se concluir que as bases superiorizam-se em todos os parâmetros em relação às extremos e às postes. O valor obtido para o A(8) é superior sempre no exercício da receção, enquanto que para os exercícios de drible baixo são bastante inferiores. A análise da mão esquerda foi realizada com o contributo de 6 atletas, visto só uma das atletas que participaram neste estudo não ser destra, Fig. 8.

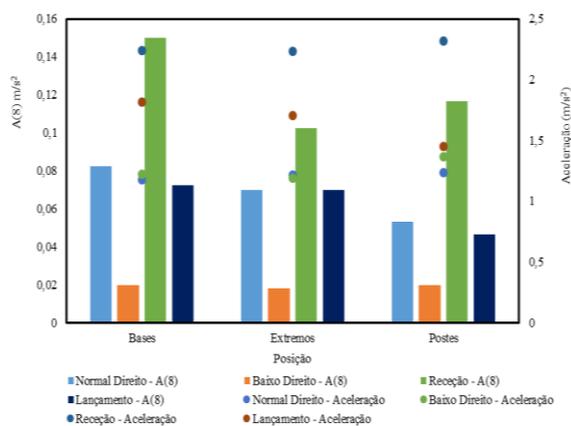


Fig. 7. A(8) e Aceleração.

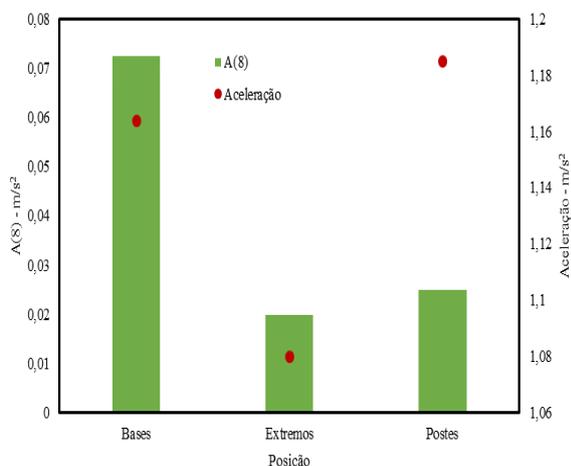


Fig. 8. A(8) e Aceleração - mão esquerda.

Ao nível do fator A(8), as diferenças são mais significativas entre as jogadoras das várias posições, comparativamente aos valores determinados para a mão direita. O valor A(8) para as bases é superior em 72% e 66 % em relação aos valores obtidos para as extremos e postes, respetivamente. No que concerne à aceleração denota-se que são as postes que apresentam valores mais elevados tanto em relação às extremos como às bases, com valores superiores em 9% e 2%, respetivamente. A nível de fator de crista pode-se observar da Fig. 9, que os maiores valores são obtidos sempre segundo o eixo dos Y e no ato de lançamento. Para este parâmetro de análise não são detetadas diferenças significativas entre a mão direita e a mão esquerda.

A nível de pico, Fig. 10, verifica-se a mesma tendência do fator de crista, mas o maior valor é determinado no ato de receção.

Tal como referido, foi também analisada a influência do tipo de piso na VMB induzidas. Na Fig. 11 apresentam-se os resultados

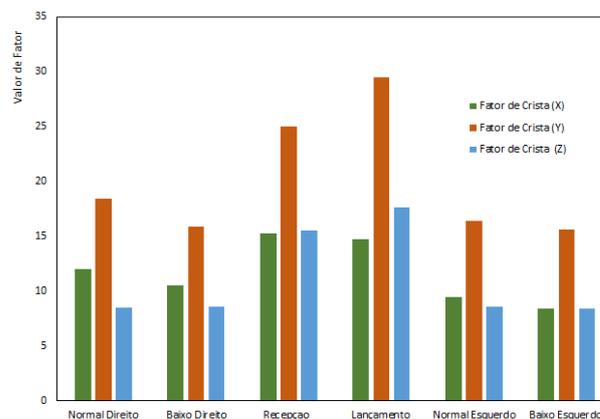


Fig. 9. Fator de crista.

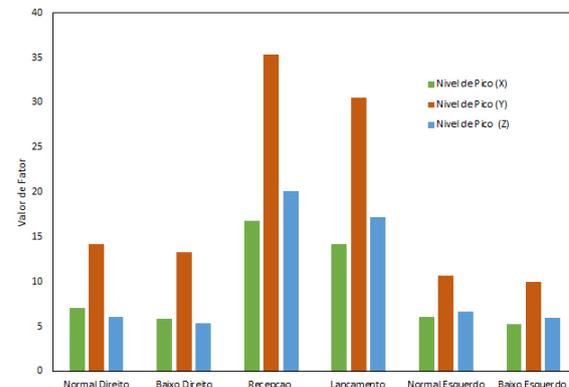


Fig. 10. Nível de pico.

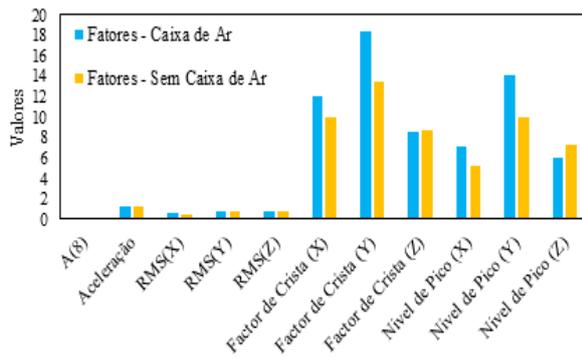


Fig. 11. Comparação entre pisos.

obtidos, podendo-se constatar que a presença ou não de caixa de ar no piso tem especial influência no fator de crista Y e a nível de pico, não se notando diferenças assinaláveis nos restantes parâmetros em análise, A(8), aceleração e RMS. O fator de crista é superior para o piso com caixa de ar nos parâmetros X e Y em 17% e 27%, respetivamente. Quanto ao nível de pico os valores para o piso com caixa de ar também são superiores em 26% e 30% para X e Y, respetivamente, e em 34% para Z. Relativamente à probabilidade de aparecimento de dedos brancos, com 10% de acordo com a norma ISO 5349-1, demora cerca de cinquenta e três anos e dez meses para o piso com caixa de ar e cerca de quarenta e nove anos e seis meses para o piso sem caixa de ar.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam a não existência de risco para a saúde dos praticantes de basquetebol. De acordo com a norma ISO 5349-1 o valor aconselhável para o A(8) deve ser inferior a  $2,5 \text{ ms}^{-2}$ , e neste estudo o maior valor foi de  $0,12 \text{ ms}^{-2}$ . A aceleração obtida foi de  $2,26 \text{ ms}^{-2}$ , com o seu limite máximo a ser de  $12 \text{ ms}^{-2}$ . As variações existentes entre os valores obtidos para os dois pisos considerados só são significativas no caso do fator de pico e nível de pico. No entanto, em todas as variáveis avaliadas constata-se que todos os valores se encontram dentro dos previstos pela norma. Assim, pode-se concluir que não existe risco induzido nos atletas pela prática do basquetebol.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo projeto UID/EMS/00285/2013. Os autores agradecem a contribuição da equipa de Sub-16 feminina da Associação Académica de Coimbra – Secção de Basquetebol, da sua treinadora Prof<sup>a</sup> Cristina Ferreira e do aluno Pedro Santos.

## REFERÊNCIAS

- Anflor C.T.M. “Estudo da transmissibilidade da vibração no corpo humano na direção vertical e desenvolvimento de um modelo biodinâmico de quatro graus de liberdade.” Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003
- Braga C.A.C. “Exposição Ocupacional a Vibrações no Sistema Mão Braço no Sector da Construção.”, Tese de Mestrado, FEUP, 2008
- Fernandes J.C. “Segurança nas vibrações sobre o Corpo Humano.” Apostila, 2000
- ISO 5349-1:2001 - Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General requirements.
- Milosavljevic S., McBride D.I., Bagheri N., Vasiljev R.M., Mani R., Carman A.B., Rehn, B.; “Exposure to Whole-Body Vibration and Mechanical Shock: A Field Study of Quad Bike Use in Agriculture.” *Ann Occup Hyg.*, 55(3):286-95, 2011
- Roseiro L.M., Neto M.A., Amaro A.M., Alcobia C.J., Paulino M.F. “Hand-arm and Whole-body Vibrations Induced in Cross Motorcycle and Bicycle Drivers.” *International Journal of Industrial Ergonomics* 56:150-160, 2016
- Soeiro N.S. “Vibrações e o Corpo Humano: uma avaliação ocupacional.” I Workshop de vibrações e acústica da região Norte, Tucuruí, Brasil, 2011
- Vendrame A.C , “Vibrações Ocupacionais.” 2008, [www.higieneocupacional.com.br](http://www.higieneocupacional.com.br)