

TECNOLOGIA DIGITAL MODERNA COMO FERRAMENTA DA BIOMECÂNICA NO TREINAMENTO DO BASQUETEBOL

Cézar Silva de Oliveira (IC) e Sônia Cavalcanti Corrêa (Orientadora)

Apoio: PIVIC Mackenzie

Resumo

A Biomecânica, através da utilização de seus equipamentos de tecnologia digital moderna, pode contribuir com técnicos e atletas na escolha de métodos para corrigir e melhorar as habilidades específicas. O objetivo do estudo foi implementar o uso dos equipamentos, Sistema Optoeletrônico, Sistema Inercial e Sistema Eye Tracking, em análises de movimentos do basquetebol através da organização de coleta, processamento e interpretação dos dados adquiridos. Como resultados, foram realizadas coletas preliminares com dados de ângulos e velocidades angulares dos sistemas Optoeletrônico e X sens e também a quantidade de vezes que o atleta fixava o olhar em um alvo específico durante o lance livre. Aconselha-se estudos com a mesma característica, mas com participação de mais sujeitos para uma análise quantitativa e qualitativa entre os sistemas. A comparação entre o sistema X sens e optoeletrônico serve de base para futuras análises, ambos são sistemas novos, que necessitaram da criação de roteiros e testes para coletas e análise dos dados, sendo realizada com sucesso a implementação dos sistemas para uso em pesquisa. Concluiu-se que foram utilizados os roteiros para futuras coletas no programa Motive e roteiro para análises dos movimentos no programa Visual 3D. Aconselha-se no sistema de rastreamento de retina análises com mais sujeitos e que incluam estudos comparando os arremessos convertidos e não convertido, para verificar se há diferenças significativas e que sirvam como auxílio ao treinamento na modalidade.

Palavras-chave: Sistema Optoeletrônico, Sistema Inercial, Eye Tracking.

Abstract

Biomechanics, through the use of the digital technology equipment, can contribute to coach and athletes in the choice of methods to correct and improve specific skills. The aim was to implement the use of equipment, optoelectronic system, Inertial System and Eye Tracking System in analysis of basketball moves through data acquisition, processing and interpretation of the acquired data. As a result, preliminary data acquisition was performed to acquire angles and angular velocities using optoelectronic systems and X sens and also the amount of time the athlete fixed his gaze on a specific target for the free throw. It is important to perform another studies with the same characteristics but with more subjects in order to compare qualitatively and quantitatively the equipments. The comparison between the X sens

and optoelectronic system serves as the basis for further analysis, both are new systems, which required the creation of scripts and tests for data acquisition and analysis, what has been successfully carried out, with the implementation of systems for use in research. It was concluded that the preliminary data was in accordance to what was expected for the mathematical calculations and that the programs are well designed for research in basketball.. It is advised in the retina analysis tracking system to test with more subjects and to include studies comparing the converted and unconverted throws, to check for significant differences and to serve as an aid to training in the sport.

Keywords: Optoelectronic system, Inertial System, Eye Tracking.

INTRODUÇÃO

O basquetebol é um esporte que exige cooperação e oposição dos praticantes e requer uma atuação simultânea das equipes em quadra. Contém fundamentos básicos e combinados, e objetivos pré-definidos com uma finalidade real. Os praticantes possuem total liberdade em tomada de decisão, tornando dinâmica e variada a modalidade (FERREIRA; DE ROSE JUNIOR, 2003).

Por conta desse dinamismo, existem estudos cujos objetivos visam atingir técnicos e preparadores físicos, para auxiliar no aperfeiçoamento dos fundamentos básicos e combinados para melhora da *performance* dos atletas e consequentemente desenvolvimento da modalidade.

Exemplos desses estudos estão análises como de Romano *et al.* (2005) que estudaram praticantes mirins, e sem referências na literatura de padrão de movimento no lance livre, encontraram valores angulares semelhantes a dos adultos. Korsakas *et al.* (2005) fizeram uma análise semelhante, mas com objetivo de criar referências para a modalidade mini, mirim e infantil de basquetebol. E Okazaki *et al.* (2013) estudaram o arremesso tipo jump (ATJ) com crianças, consequentemente verificando a precisão e a distância do ATJ, concluindo que para uma melhor aprendizagem a intervenção deverá focar na velocidade, ângulo e a altura de lançamento da bola para o cesto no basquetebol.

A Biomecânica através da utilização de seus equipamentos de tecnologia digital moderna pode contribuir aumentando a gama desses estudos que visam o auxílio aos atletas e técnicos na escolha de métodos para utilização como meio para corrigir e melhorar os gestos motores específicos, isso já vem sendo desenvolvido na modalidade esgrima (CORRÊA *et al.*, 2015a) e em diferentes movimentos (CORRÊA *et al.*, 2015b), e o basquetebol pode e deve fazer uso dessa tecnologia para aprimorar técnicas e treinamentos.

O presente projeto faz parte de um projeto maior (FAPERJ -E-26/010.002693/2014) aprovado pelo Laboratório de Ergonomia da Divisão de Desenho Industrial do Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro (INT-RJ) em parceria com o Laboratório de Ciências do Estudo do Movimento (LaCEM) da Universidade Presbiteriana Mackenzie através do vínculo com a Professora Doutora Sônia Cavalcanti Corrêa intitulado “Desenvolvimento de Sistema interativo 3D aplicado ao Desporto Coletivo - ferramenta de formação e treinamento” que visa desenvolver um sistema 3D interativo para formação e auxílio à formação e ao treinamento aplicado ao Basquete, tendo como base as plataformas de jogos.

A partir disso, este estudo possui os seguintes objetivos:

Implementar o uso dos equipamentos de tecnologia digital moderna, Sistema Optoeletrônico, Sistema Inercial e Sistema Eye Tracking, em análises de movimentos como

ferramenta da Biomecânica através da organização de coleta, processamento e interpretação dos dados adquiridos.

Realizar estudo preliminar das variáveis biomecânicas através da análise dos ângulos articulares (flexão e extensão máximas e amplitude articular) e velocidades angulares de punho, cotovelo, ombro, quadril, joelho e tornozelo nos fundamentos do basquetebol, passe de peito, passe quicado, e lance livre comparando as posições médio lateral e anteroposterior.

Realizar estudo preliminar dos valores encontrados das variáveis biomecânicas nas situações propostas a partir de duas formas distintas de captura: a primeira através de sensores inerciais e a segunda, a partir de um sistema optoeletrônico.

Realizar estudo preliminar do movimento da retina dos olhos nas situações de lance livre com e sem salto e arremesso diagonal com e sem salto.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Basquetebol

Criado em meados de 1891 na cidade americana Springfield pelo canadense James Naismith, o basquetebol tinha como primeiros objetivos, permitir uma prática em quadra coberta, por conta dos rigorosos invernos, atender a um grande número de pessoas ao mesmo tempo e incentivar a prática desportiva de uma associação naquele período. A criação deste novo jogo despertou o interesse da população, fazendo com que ele se difundisse rapidamente, e com isso obtivesse uma grande evolução (FERREIRA; DE ROSE JUNIOR, 2003).

Caracterizado como um esporte de oposição e cooperação, o basquetebol envolve ações simultâneas entre equipes num mesmo espaço. Seus fundamentos são em sua maioria movimentos contínuos e combinados que possuem objetivos bem definidos e sequencia lógica. Tudo isso é realizado em ambiente aberto, ou seja, imprevisível, tornando a modalidade dinâmica e variada (FERREIRA; DE ROSE JUNIOR, 2003).

Destaca-se o objetivo de ataque que é mover-se com a bola de forma a marcar pontos e manter-se com a mesma para que a equipe adversária não pontue. E o objetivo defensivo nada mais é do que defender a área de ataque para que o adversário não pontue e tomar posse de bola quando a mesma for perdida (AMERICAN SPORT EDUCATION PROGRAM, 2000).

De acordo com o American Sport Education Program (2000) o basquetebol possui técnicas individuais básicas (fundamentos), que são aprendidas da mais básica para a mais complexa. Assim são elas:

Posição e movimento: no qual é enfatizado o treinamento dos membros inferiores. E que está dividido em vários momentos: Posição de expectativa, paradas, parada saltada, giros, cortes e deslizamentos laterais.

Técnicas de manejo de bola: nada mais são do que a dinâmica do jogo, para o objetivo de finalizar o arremesso com altos percentuais de acerto. E que está dividido por: passe (passe de peito, passe quicado, passe sobre a cabeça com as duas mãos, passe quicado com uma mão), recepção, drible e arremessos (arremessos convencionais, saltados, bandeja).

Técnicas defensivas: elas são menos aprendidas que as ofensivas, mas são igualmente importantes. Elas são: Movimentação dos pés, marcação de um adversário com posse de bola, marcação de um oponente sem bola (posição de antecipação do passe, posição aberta) e rebote. Para que todas as técnicas sejam eficientes para os jogadores e, que eles possam utilizar da melhor maneira em jogo, o aprendiz de basquetebol terá que executar exercícios intervindos pelo o técnico/professor constantemente em seus treinamentos.

O basquete deve ser ensinado de forma progressiva do básico individual até os exercícios mais complexos. A técnica deve ser introduzida através de quatro passos: Introduzir a técnica, demonstrar a técnica, explicar a mesma e ajuda-los a praticá-la (AMERICAN SPORT EDUCATION PROGRAM, 2000).

A Biomecânica aplicada ao Basquetebol

Nesse contexto, a Biomecânica pode contribuir com o ensino e treinamento dos fundamentos, uma vez que a mesma pode ser explicada como “*o estudo da estrutura e da função dos sistemas biológicos por meio de métodos da mecânica*” (MCGINNIS, 2002, p.17). O autor divide a palavra Biomecânica em duas partes: bio e mecânica, em que bio seria o conceito associado aos sistemas vivos ou biológicos, e a raiz mecânica indica que se relaciona com a análise das forças e seus efeitos.

E essas análises das forças e seus efeitos não só podem como devem ser utilizadas como auxílio a técnicos e preparadores físicos na medida em que analisam, descrevem e caracterizam os fundamentos do basquete, dessa forma auxiliam na melhora do desempenho e no aperfeiçoamento da modalidade.

Por exemplo, estudos biomecânicos como o de Romano *et al.* (2005) que teve como objetivo caracterizar o padrão do movimento de lance livre da categoria Mirim, utilizou-se da cinemetria para filmar 10 atletas realizando o movimento e descreveu ângulos mínimo

($103,257^\circ \pm 6,34^\circ$) e máximo ($173,09^\circ \pm 5,29^\circ$) do joelho, mínimo ($135,12^\circ \pm 18,36^\circ$) e máximo ($177,62^\circ \pm 2,43^\circ$) do quadril, mínimo ($4,621^\circ \pm 8,09^\circ$) e máximo ($142,18^\circ \pm 8,73^\circ$) do ombro e mínimo ($46,01^\circ \pm 11,82^\circ$) e máximo ($175,05^\circ \pm 4,18^\circ$) do cotovelo, concluindo que embora não existam na literatura valores padrões para as crianças, os valores são semelhantes aos dos adultos.

Korsakas *et al.* (2005) buscando identificar parâmetros biomecânicos do arremesso de lance livre que possam se tornar referenciais aplicados didaticamente durante o processo de ensino-aprendizagem da técnica pelo treinador, também analisou as variáveis articulares do joelho, quadril, ombro e cotovelo, comparando-as em três categorias de base: mini, mirim e infantil.

Como principais resultados, verificaram que os valores médios para a extensão do joelho apresentaram diferenças significativas entre as categorias mini e mirim e entre mini e infantil, na qual a categoria mini apresentou maior extensão da articulação do joelho, sendo que a categoria mini executou a flexão e extensão do joelho de uma forma muito mais lenta que as outras categorias.

Foram encontradas diferenças significativas entre as categorias mirim e infantil para os valores de extensão de quadril. A categoria mirim foi a que apresentou menor média de extensão do quadril e a categoria infantil manteve o tronco em uma angulação constante nas fases iniciais do arremesso enquanto as outras categorias oscilavam bastante.

Em relação às variações angulares da articulação do ombro foram encontradas diferenças significativas entre os valores médios da flexão máxima entre as categorias mini e mirim, sendo que a categoria mirim apresentou valores sempre menores que os da categoria mini. Os resultados encontrados referentes às variações angulares da articulação do cotovelo não apresentaram diferenças significativas.

Para descrever as sequências de ação dos segmentos do arremesso de jump, Okazaki, Rodacki e Okazaki (2007) filmaram 10 atletas realizando o movimento e descreveram o padrão de movimento realizado pelas articulações do ombro, cotovelo e punho. E na mesma linha, contudo buscando uma comparação do padrão de crianças e adultos experientes, Okazaki *et al.* (2006) verificaram que o posicionamento da bola próximo ao corpo deve ser enfatizado por professores e técnicos para que sejam diminuídas as demandas de força, velocidade e amplitude de movimento nas articulações envolvidas com o movimento.

Em relação ao passe, Izzo e Russo (2011) verificaram que o passe mais utilizado seria o de peito com as duas mãos, seguido pelo passe de uma mão só, pelas duas sobre a cabeça e passes entregues indiretos. Verificaram também que os músculos mais envolvidos com o

movimento do passe seriam dos da extremidade superior, ombro e os estabilizadores do corpo.

Wang Liu e Bian (2013) buscaram verificar relações entre a real competência motora e a percebida por estudantes universitários na realização do drible e encontraram uma relação positiva, reforçando que a competência real pode contribuir para a melhora da participação na atividade.

Tecnologia Digital Moderna como ferramenta da Biomecânica

A tecnologia digital moderna aliada à Biomecânica torna possível a evolução do treinamento esportivo. Treinadores e atletas podem capturar, analisar e integrar informações e recursos de maneira eficiente e efetiva para aperfeiçoar o treinamento e suas tomadas de decisões. Esses recursos podem ser executados em tempo real e as mudanças realizadas imediatamente, detalhes indispensáveis ao bom desenvolvimento do treinamento.

Estudos que utilizam essas tecnologias estão sendo realizados no intuito de verificar quais métodos são mais indicados para cada situação. Corrêa *et al.* (2015) descreve que uma análise com o sistema optoeletrônico, na qual são necessários instrumentar marcadores reflexivos no indivíduo, dependendo do esporte esse tipo de sistema perderá algumas marcas do campo de visão das câmeras, com esportes de combate é mais frequente.

Uma solução para esse problema seria o sistema inercial, que não depende de algum tipo de visualização de câmeras e a análise é feita pela a aceleração do segmento, com isso o posicionamento deve ser preciso e bem orientado para uma melhor análise. Com isso os autores avaliaram essa variável entre o sistema optoeletrônico e o sistema inercial com os gestos: marcha, salto, chute alto e Ogoshi (golpe no judô).

Os resultados demonstraram que o sistema inercial descreveu corretamente as velocidades angulares dos eixos dos seguimentos analisados dos membros inferiores. Os valores entre os dois sistemas não parecem depender da posição onde o eixo está e sim pela a aceleração articular, em todos os gestos executados. Entretanto os valores extremos e as amplitudes obtiveram uma qualidade inferior a esperada. Assim estudos mais minuciosos devem quantificar a melhor magnitude das diferenças e suas correlações com a velocidade das tarefas executadas.

METODOLOGIA

De natureza descritiva e quantitativa, o presente estudo através de observação, registro e análise dos fenômenos faz uso de base numérica para estabelecer padrões para as variáveis sem que haja a manipulação das mesmas.

Aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Presbiteriana Mackenzie, numero do parecer: 1.478.870, no decorrer da pesquisa foram respeitados todos os aspectos éticos. Com isso, para que os indivíduos participassem da pesquisa, inicialmente foi realizada a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de participação em pesquisa, momento em que os mesmo foram informados sobre o teor da pesquisa e as dúvidas sanadas.

A população do presente estudo foi composta por praticantes de basquetebol, de ambos os sexos. A amostra foi distribuída de acordo com as análises, a saber: Para as descrição de parâmetros biomecânicos participaram 3 sujeitos, para a comparação dos sistemas de captura participou um sujeito e para a análise do movimento dos olhos participaram 4 sujeitos.

Foram utilizados dois sistemas de captura de movimento para descrever e comparar os parâmetros biomecânicos, o optoeletrônico e o MOVEN da X sens, ambos de propriedade do Laboratório de Ergonomia da Divisão de Desenho Industrial do INT-RJ, o primeiro encontra-se instalado no Laboratório de Ciências do Estudo do Movimento (LaCEM) da Universidade Presbiteriana Mackenzie, Campus Alphaville devido a parceria INT-Mackenzie com o Projeto CNPQ intitulado “Desenvolvimento de uma plataforma digital interativa 3D que facilite a integração atleta e treinamento” e o segundo no Laboratório de Ergonomia da Divisão de Desenho Industrial no Rio de Janeiro –RJ. Para a coleta de dados utilizando os dois sistemas, os responsáveis pelo equipamento vieram até o LaCEM em datas agendadas para testes e coletas pilotos, auxiliando na utilização do equipamento.

O sistema optoeletrônico de captura de imagens é composto por 18 câmeras, sistema Prime 13 (240hz), que coleta as imagens através do programa Motive (Figuras 1 e 2).

Figura 1- Sistema óptico com 18 câmeras Optitrack (Prime 13).

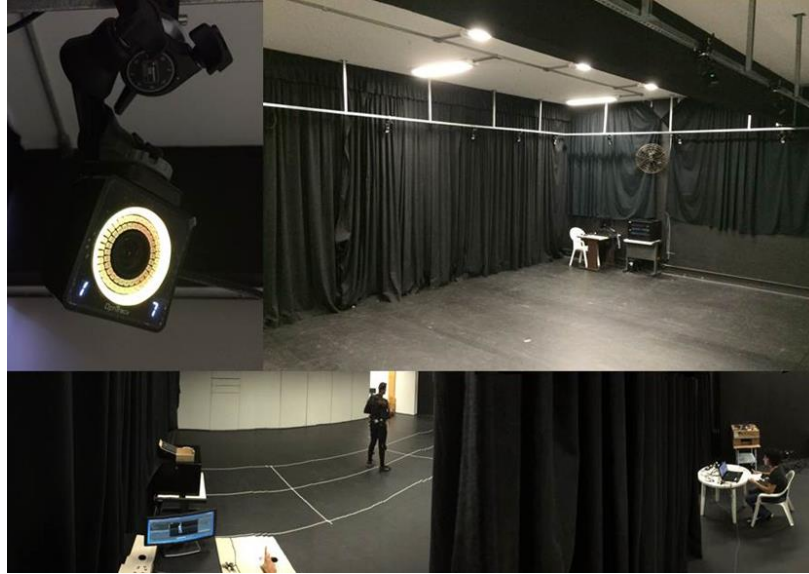
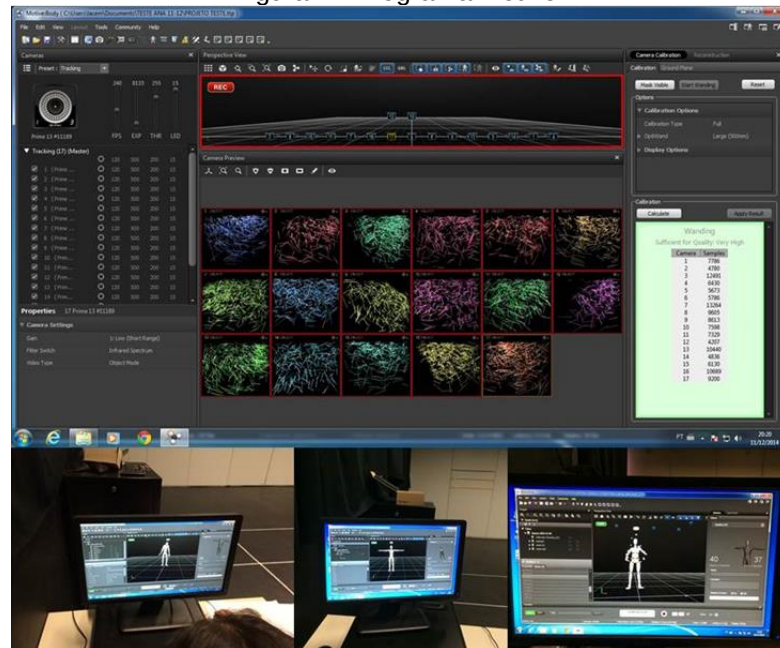


Figura 2 - Programa Motive.



O sistema inercial de captura MOVEN da Biomech, Xsens Tech (17 sensores) é um equipamento de ponta, com sensores eletromagnéticos (magnetômetro, acelerômetro e giroscópio), que permitem capturar por telemetria o movimento do corpo humano de maneira altamente precisa (Figura 3).

Figura 3 – Sistema X Sens.



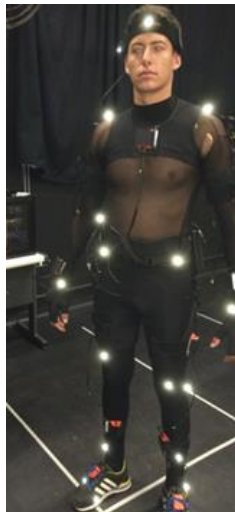
Para as coletas no sistema optoeletrônico o atleta foi instrumentado com uma roupa preta e foram colocados marcadores reflexivos em 37 pontos anatômicos específicos solicitados pelo programa de captura, a saber: Centro da cabeça, lateral direita da cabeça, testa, acrômio direito e esquerdo, epicôndilo lateral direito e esquerdo do úmero, cabeça do quinto metacarpo direito e esquerdo, Processo estiloide do radio direito e esquerdo, Processo estiloide da ulna direito e esquerdo, processo xifoide do esterno, espinha ilíaca ântero superior direita e esquerda, espinha ilíaca posterior superior direita e esquerda, epicôndilo lateral do fêmur direito e esquerdo, coxa direita próxima a patela, coxa esquerda mais medial, perna direita mais medial, perna esquerda mais próxima ao tornozelo, maléolo lateral direito e esquerdo da fíbula, tuberosidade do quinto metatarso direito e esquerdo, base do primeiro metatarso direito e esquerdo, Processo espinhoso da torácica 3, ângulo inferior da escápula direito e esquerdo, ângulo lateral da escápula direito (cavidade glenóideo) e esquerdo, braço direito e esquerdo mais próximo ao cotovelo e posterior.

No sistema inercial, os atletas vestiram os sensores inerciais nos locais indicados pelo equipamento (Cabeça, Braço direito e esquerdo, Antebraço direito e esquerdo, Mão direita e esquerda, Tronco, Quadril, Coxa direita e esquerda, Perna direita e esquerda, Pé direito e esquerdo).

Após a instrumentação, na comparação entre os dois sistemas, o atleta realizou os movimentos selecionados (lance livre e passe de peito), que foram capturados simultaneamente pelos sistemas computacionais conforme figura 4 abaixo.

Cabe ressaltar a dificuldade encontrada para sincronizar os dados dos dois sistemas, de várias tentativas realizadas, apenas uma de cada tarefa foi satisfatória para a realização da análise, que também apresentou muita dificuldade em todas as fases do processamento por conta das diferenças de cada forma de aquisição dos dados.

Figura 4 – Indivíduo pronto para coleta com os dois sistemas X Sens e Optico-eletrônico.

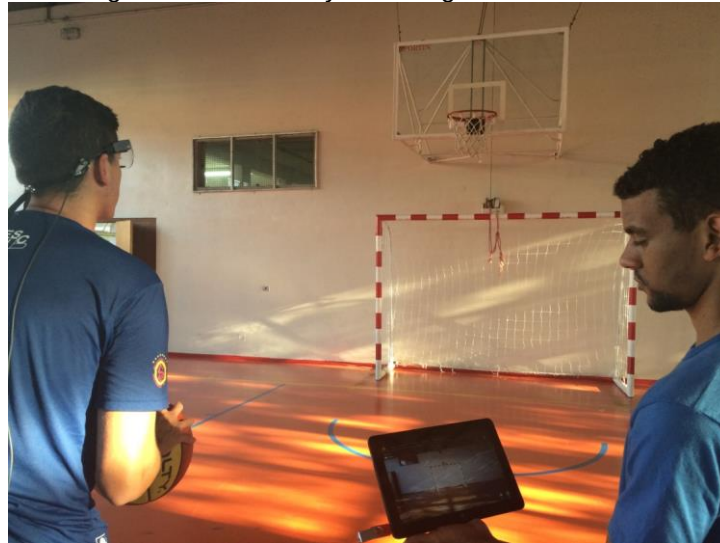


Na descrição dos parâmetros biomecânicos através do sistema optoeletrônico, os atletas utilizaram a roupa preta com os 37 marcadores reflexivos solicitados pelo programa e realizaram os movimentos lance livre e passe de peito.

Os dados colhidos tanto no sistema optoeletrônico quanto no MOVEN foram tratados e processados a partir do programa Visual 3D, C-Motion Inc. que é um software de análise biomecânica para medir dados de movimento e força coletados a partir de diferentes sistemas de captura de movimento 3D, fornecendo cálculos cinemáticos e cinéticos através de técnicas matemáticas de otimização, processamento de sinal e filtragem, cinemática inversa, entre outros cálculos.

Para descrever e comparar o movimento da retina dos olhos dos atletas foi utilizado o sistema eye-tracking da Tobii Glass2 (Figura 5). Esse sistema possui duas câmeras direcionadas para cada olho e uma outra câmera direcionada a frente do atleta, ou seja, capta o ambiente que o atleta está visualizando. Essas imagens são sincronizadas e permitem visualizar o local exato em que o atleta direciona seu olhar durante a realização dos movimentos. Para essa análise os atletas realizaram o lance livre com e sem salto e arremesso diagonal (realizado na mesma distância do lance livre, ou seja, 4 metros da cesta e a 3 metros na diagonal do local do lance livre) com e sem salto. Os dados colhidos pelo Tobii Glasses foram tratados pelo sistema Tobii Glasses Analyzer (versão 1.16).

Figura 5 - Sistema eye-tracking da Tobii Glass2.



Os equipamentos utilizados possuem a tecnologia mais moderna e recente, e por isso, é escassa sua utilização na pesquisa em esportes. Com funcionamento e dados ainda pouco conhecidos, foi necessário antes de realizar cada coleta, conhecer os programas, criar os protocolos de utilização e análise através de muitas coletas piloto, permitindo chegar aos resultados aqui apresentados.

No caso da comparação entre os sistemas, os dados são descritos no texto, já para as demais análises os dados estão apresentados como média e desvio padrão da média

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado dos ângulos articulares na comparação entre o sistema optoeletrônico e o inercial podem ser vistos na Tabela 1 e o das velocidades angulares na Tabela 2.

Embora não tenha sido realizada uma análise estatística devido ao fato de ter sido utilizado apenas um indivíduo, podem-se notar valores diferentes entre os sistemas, optoeletrônico e sensores inerciais. Na tabela 1 pode-se observar que os valores máximos são diferentes mas as amplitudes se assemelham. No entanto o valor angular máximo do cotovelo direito no Lance Livre na posição Anteroposterior, do sistema X sens é de $84,07^\circ$ e já o do Optoeletrônico é $150,6^\circ$ e a amplitude é de $103,12$ no X sens e do optoeletrônico de $133,50$.

E no mesmo movimento o Ombro Direito não seguiu nessa diferença, os valores do X sens e do optoeletrônico foram muito semelhantes, com uma máxima de $132,59$ no sistema

X sens e o optoeletrônico 133,9, e suas amplitudes, na mesma sequência, de 115,34 e 126,68. Concluindo que há segmentos que estão ajustados simultaneamente, no mesmo padrão de análise angular, mas aparentemente em alguns segmentos o padrão não é o mesmo para ambos sistemas.

No fundamento Passe de Peito pode-se observar que o Punho Direito em seu ângulo mínimo há uma diferença de valor, o X sens nos dá -35,46, e o optoeletrônico -74,19, uma diferença de mais de 30°. Mas a amplitude é muito semelhante entre os dois sistemas, assim a amplitude do optoeletrônico é 108,10° e do X sens 107,29°. Valores muito próximos com uma diferença menor do que 1° para os dois sistemas.

Nota-se também que na mesma tabela no Lance Livre médio lateral o Quadril foi o segmento que mais se encaixou entre os padrões de ambos os sistemas, os valores foram os mais parecidos, comparado com os demais ângulos descritos na tabela 1, os valores são: Ângulo máximo 69,81 e ângulo mínimo 1,75 do X sens, e 65,8 ângulo máximo e 0,89 mínimo no optoeletrônico, e suas amplitudes 68,06 para X sens e 64,91 para o optoeletrônico. Os dois sistemas para essa variável apresentaram os ângulos muito próximos um do outro.

Na Tabela 2 observamos a velocidade de cada articulação em relação a cada fundamento executado. No fundamento Lance Livre AP observa-se que no cotovelo direito foi o segmento que mais teve variação entre o máximo da velocidade e mínimo, os valores são do X sens: 273,15 e -798,96 e do optoeletrônico 127,69 e -1,53. A diferença foi muito grande entre os valores, fazendo-se necessário reavaliar os números mostrados por ambos os sistemas, conquanto os cálculos matemáticos tenham sido checados.

No fundamento Passe de Peito observa-se que o segmento joelho esquerdo foi o que demonstrou valores mais semelhantes e manteve-se na mesma margem de graus para os sistemas X sens e optoeletrônico, com os valores de máximo e mínimo de 261,66 e -226,72 do sistema X sens e 269,94 e -229,15 para o optoeletrônico.

Tabela 1 – Valores de ângulos encontrados para os dois sistemas.

Movimento	Ângulo (graus)	X Sens			Optoeletrônico		
		Máximo	Mínimo	Amplitude	Maximo	Mínimo	Amplitude
Lance Livre (AP)	TD	113,70	94,94	18,76	91,22	70,95	20,27
	JD	85,80	13,44	72,36	86,93	4,78	82,15
	QD	77,74	10,08	67,66	63,71	-7,24	70,95
	OD	132,59	17,25	115,34	133,90	7,22	126,68
	CD	84,07	-19,05	103,12	150,60	17,10	133,50
	PD	86,55	-45,97	132,52	62,26	-89,38	151,64
	TE	116,37	83,39	32,98	91,54	70,52	21,02
	JE	90,13	11,37	78,76	83,96	1,01	82,95
	QE	60,88	-0,51	61,39	62,76	-5,67	68,43
	OE	119,21	15,02	104,19	114,84	6,55	108,29
	CE	77,70	42,53	35,17	135,67	78,93	56,74
	PE	62,35	-17,89	80,24	6,59	-30,73	37,32
Passe de peito	TD	121,08	95,23	25,85	96,72	70,53	26,19
	JD	73,53	24,25	49,28	64,51	22,30	42,21
	QD	45,72	30,26	15,46	33,69	15,33	18,36
	OD	115,34	-5,63	120,97	119,79	0,56	119,23
	CD	90,02	-26,04	116,06	125,88	26,34	99,54
	PD	71,83	-35,46	107,29	33,91	-74,19	108,10
	TE	105,35	88,73	16,62	78,19	58,33	19,86
	JE	59,78	12,08	47,70	63,44	15,86	47,58
	QE	88,46	25,24	63,22	83,72	22,24	61,48
	OE	114,32	-8,87	123,19	123,94	-3,55	127,49
	CE	99,21	-8,08	107,29	136,49	31,32	105,17
	PE	70,78	-23,27	94,05	21,38	-57,24	78,62
Lance Livre (ML)	TD	116,06	97,00	19,06	88,24	63,55	24,69
	JD	85,49	6,35	79,14	80,68	6,43	74,25
	QD	69,81	1,75	68,06	65,80	0,89	64,91
	OD	134,19	3,93	130,26	133,10	12,46	120,64
	CD	80,69	-22,00	102,69	152,48	16,20	136,28
	PD	87,27	-45,77	133,04	60,67	-87,25	147,92
	TE	113,04	94,47	18,57	93,37	55,08	38,29
	JE	82,12	2,27	79,85	84,87	2,14	82,73
	QE	68,53	1,62	66,91	52,65	-8,80	61,45
	OE	119,78	3,75	116,03	114,33	16,87	97,46
	CE	76,21	52,51	23,70	139,53	64,54	74,99
	PE	67,96	-18,29	86,25	5,66	-30,82	36,48

TD= Tornozelo Direito, JD= Joelho Direito, QD= Quadril Direito, OD= Ombro Direito, CD= Cotovelo Direito, PD= Punho Direito, TE= Tornozelo Esquerdo, JE= Joelho Esquerdo, QE= Quadril Esquerdo, OE= Ombro Esquerdo, CE= Cotovelo Esquerdo, PE= Punho Esquerdo.

Tabela 2 – Valores de velocidade angular encontrados para os dois sistemas.

Movimento	Velocidade Angular (°/s)	X Sens		Optoeletrônico	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Lance Livre (AP)	TD	40,2	-92,56	33,95	-115,41
	JD	73	-240,69	102,33	-263,81
	QD	39,68	-157,94	54,24	-185,27
	OD	214,31	-52,27	292,86	-29,12
	CD	273,15	-798,96	127,69	-1,53
	PD	201,12	-1,07	286,38	-1,19
	TE	47,1	-148,08	34,08	-117,55
	JE	89,65	-263,05	108,88	-268,32
	QE	45,22	-150,11	56,62	-162,82
	OE	151,72	-47,53	164,67	-36,35
	CE	31,83	-190,89	99,97	-447,01
	PE	170,08	-523,34	237,6	-270,46
Passe de peito	TD	60,43	-90,96	47,35	-102,62
	JD	101,96	-64,83	90,53	-62,47
	QD	78,73	-50,72	67,39	-61,37
	OD	551,9	-19	550,4	-33,87
	CD	136,45	-860,82	146,17	-876,78
	PD	510,28	-1,1	399,22	-1,08
	TE	51,02	-84,02	77,58	-116,69
	JE	261,66	-226,72	269,94	-229,15
	QE	156,89	-14,94	179,42	-20,23
	OE	638,13	-34,42	741,79	-33,54
	CE	161,54	-614,73	161,04	-698,38
	PE	545,94	-1,06	196,8	-678,85
Lance Livre (ML)	TD	17,41	-94,3	52,6	-123,45
	JD	79,57	-253,86	70,17	-232,03
	QD	48,35	-173,39	40,01	-144,78
	OD	182,44	-29,61	329,36	-45,8
	CD	107,2	-764,29	112,43	-1,48
	PD	349,51	-894,06	469,87	-1,14
	TE	21,8	-73,69	30,43	-160,9
	JE	90,9	-251,72	85,08	-236,13
	QE	56,43	-168,75	39,09	-117,14
	OE	171,16	-42,6	147,22	-32,45
	CE	46,4	-153,95	123,08	-425,16
	PE	197,38	-605,96	232,08	-123,82

TD= Tornozelo Direito, JD= Joelho Direito, QD= Quadril Direito, OD= Ombro Direito, CD= Cotovelo Direito, PD= Punho Direito, TE= Tornozelo Esquerdo, JE= Joelho Esquerdo, QE= Quadril Esquerdo, OE= Ombro Esquerdo, CE= Cotovelo Esquerdo, PE= Punho Esquerdo.

Tabela 3 - Valores angulares e de velocidade angular para o movimento lance livre.

Variável	Movimento	Ângulos			Velocidades angulares	
		Máximo	Mínimo	Amplitude	Máximo	Mínimo
TD	LL	87,65 ± 6,42	44,90 ± 6,36	42,76 ± 0,56	71,58 ± 39,42	(-)242,58 ± 33,22
JD		77,91 ± 3,32	3,89 ± 4,34	74,02 ± 7,41	119,35 ± 37,86	(-)327,25 ± 54,57
QD		55,20 ± 6,54	0,44 ± 4,58	54,76 ± 5,29	75,71 ± 43,43	(-)180,70 ± 77,66
OD		123,18 ± 8,73	19,01 ± 27,55	104,16 ± 33,17	407,56 ± 266,92	(-)48,35 ± 35,16
CD		127,04 ± 32,95	(-)46,08 ± 87,58	173,13 ± 63,79	570,15 ± 530,47	(-)2400,14 ± 1881,35
PD		39,68 ± 7,36	(-)45,28 ± 20,73	84,96 ± 27,11	663,67 ± 729,73	(-)657,04 ± 420,95
TE		96,41 ± 14,67	53,56 ± 6,06	42,84 ± 8,68	64,97 ± 39,45	(-)235,26 ± 48,42
JE		80,29 ± 7,21	9,34 ± 4,76	70,95 ± 11,80	129,37 ± 42,06	(-)284,73 ± 74,11
QE		56,44 ± 2,60	8,36 ± 11,68	48,08 ± 9,45	76,04 ± 46,20	(-)159,99 ± 72,20
OE		104,70 ± 5,14	21,51 ± 25,58	83,19 ± 22,00	157,14 ± 45,34	(-)54,39 ± 22,30
CE		137,65 ± 26,52	51,11 ± 8,96	86,54 ± 25,49	289,67 ± 241,10	(-)451,32 ± 425,96
PE		(-)7,44 ± 10,84	(-)36,94 ± 24,22	29,50 ± 28,12	128,07 ± 74,59	(-)425,16 ± 510,67

LL= Lance Livre, TD= Tornozelo Direito, JD= Joelho Direito, QD= Quadril Direito, OD= Ombro Direito, CD= Cotovelo Direito, PD= Punho Direito, TE= Tornozelo Esquerdo, JE= Joelho Esquerdo, QE= Quadril Esquerdo, OE= Ombro Esquerdo, CE= Cotovelo Esquerdo, PE= Punho Esquerdo.

Encontra-se na tabela 2 também no Lance Livre ML, valores distintos entre os sistemas, comparando com os demais fundamentos, e o que mais se aproximou de valores entre os programas foi o joelho esquerdo, sua máxima de velocidade foi 90,90 e mínima de -251,72 no X sens e de 85,08 de máxima e -236,13 no optoeletrônico. Os outros segmentos variaram muito comparando o X sens com optoeletrônico, chegando a mais de -700 graus de diferença entre valores de velocidade mínima, exemplo tirado do cotovelo direito.

Essa análise realizada entre os dois sistemas demonstra que existem grandes variações entre os sistemas, Os padrões de coleta também são diferentes, já que o optoeletrônico precisa de marcadores reflexivos em partes anatômicas no sujeito e o X sens é colocado no segmento (membro) precisamente no local correto, para medir a aceleração do mesmo (CORREA et al., 2015).

A partir da tabela 3 pode-se observar os valores de média de todos os sujeitos na análise dos fundamentos: lance livre, passe de peito médio lateral e passe de peito antero-posterior com a utilização somente do sistema optico-eletrônico.

A tabela 3 apresenta os dados para o lance livre. O estudo de Romano *et al.* (2005) feito com crianças, também apresenta as mesmas variáveis para o lance livre, mas não é possível comparar pois as definições de eixos articulares foram diferentes.

Tabela 4 - Valores angulares e de velocidade angular para o movimento passe de peito anteroposterior.

Variável	Movimento	Ângulos			Velocidades angulares	
		Máximo	Mínimo	Amplitude	Máximo	Mínimo
TD		74,79 ± 0,73	45,63 ± 2,48	29,15 ± 2,42	128,33 ± 92,07	(-)217,03 ± 67,28
		38,08 ± 19,94	4,27 ± 0,15	33,80 ± 19,84	174,39 ± 136,62	(-)235,11 ± 131,75
JD		20,92 ± 5,87	(-)4,27 ± 5,80	25,20 ± 7,19	101,93 ± 53,85	(-)106,05 ± 79,03
		100,71 ± 13,85	4,69 ± 16,66	96,01 ± 2,89	692,72 ± 305,89	(-)91,38 ± 75,93
OD		88,48 ± 72,24	(-)32,14 ± 72,76	120,62 ± 14,51	771,83 ± 812,68	(-)1068,10 ± 771,60
		43,81 ± 40,00	(-)43,22 ± 23,77	87,04 ± 16,88	553,65 ± 453,69	(-)1042,63 ± 596,14
CD		78,04 ± 5,92	58,61 ± 4,74	19,43 ± 7,63	77,89 ± 16,76	(-)104,83 ± 45,46
		39,99 ± 6,55	9,91 ± 3,02	30,07 ± 6,02	76,35 ± 31,40	(-)167,66 ± 41,35
PD		46,36 ± 15,73	9,92 ± 8,16	36,43 ± 19,24	41,45 ± 27,26	(-)132,30 ± 66,05
		95,67 ± 11,48	0,12 ± 9,60	95,55 ± 8,49	795,20 ± 186,42	(-)77,96 ± 28,99
TE		135,45 ± 7,25	27,85 ± 7,34	107,59 ± 12,80	361,66 ± 142,74	(-)1296,45 ± 215,86
		23,80 ± 34,77	(-)54,46 ± 17,60	78,26 ± 30,73	904,96 ± 519,46	(-)369,97 ± 180,76
JE	PPAP					
QE						
OE						
CE						
PE						

PPAP= passe peito anteroposterior, PPML= passe peito médio lateral, TD= Tornozelo Direito, JD= Joelho Direito, QD= Quadril Direito, OD= Ombro Direito, CD= Cotovelo Direito, PD= Punho Direito, TE= Tornozelo Esquerdo, JE= Joelho Esquerdo, QE= Quadril Esquerdo, OE= Ombro Esquerdo, CE= Cotovelo Esquerdo, PE= Punho Esquerdo.

Na tabela 4 estão os valores do Passe de Peito Anteroposterior (PPAP) e na tabela 5 os valores do Passe de Peito Médio Lateral (PPML), observa-se que o ângulo do CE de ambos estão semelhantes, PPML máximo de $139,12 \pm 7,82$ e mínimo de $28,00 \pm 5,80$, já o PPAP máximo de $135,45 \pm 7,25$ e o mínimo de $27,85 \pm 7,34$. Esses valores são muito próximos, mas fica claro que o PPML tem uma amplitude maior ($111,12 \pm 10,79$) do PPAP ($107,59 \pm 12,80$).

Observa-se as velocidades dos dois fundamentos PPAP e PPML, é importante avaliar as velocidade, e o segmento que adquiriu maior velocidade entre as duas foi o Punho Direito no PPML com uma velocidade máxima de $1146,99 \pm 964,44$. E para o PPAP o maior valor foi do Punho Esquerdo que obteve uma máxima de $904,96 \pm 519,46$. Os dois valores de diferentes fundamentos são semelhantes, concluindo que a velocidade do segmento Punho tem uma maior velocidade que as demais.

E para as velocidades mínimas os dois segmentos Cotovelos tem valores superiores em comparação aos demais segmentos. Assim o CE $(-)1296,45 \pm 215,86$ no fundamento PPAP e os valores mínimos do PPML do CD $(-)1085,88 \pm 911,14$. Concluindo que as maiores e menores velocidades foram encontradas nos membros superiores, já que a característica do fundamento é a ação desses segmentos. É importante ressaltar que os valores positivos são de flexão, e os negativos de extensão das articulações. São escassos os artigos que discutem as variáveis angulares no basquete, e especialmente com esse tipo de metodologia.

Tabela 5 - Valores angulares e de velocidade angular para o movimento passe de peito médio lateral.

Variável	Movimento	Ângulos			Velocidades angulares	
		Máximo	Mínimo	Amplitude	Máximo	Mínimo
TD		77,94 ± 13,69	54,98 ± 9,91	22,96 ± 17,98	62,31 ± 60,55	(-)118,6 ± 86,08
JD		50,11 ± 38,23	(-)1,48 ± 3,71	51,59 ± 41,79	121,88 ± 106,55	(-)210,42 ± 161,59
QD		40,15 ± 28,10	3,54 ± 4,34	36,60 ± 27,93	91,19 ± 61,28	(-)110,52 ± 87,14
OD		101,59 ± 12,97	3,97 ± 11,39	97,62 ± 2,97	614,10 ± 174,00	(-)94,32 ± 57,26
CD		96,48 ± 78,29	(-)30,06 ± 79,86	126,54 ± 19,27	796,61 ± 752,73	(-)1085,88 ± 911,14
PD		30,79 ± 38,76	(-)44,90 ± 56,57	75,7 ± 21,63	1146,99 ± 964,44	(-)990,95 ± 862,79
TE		87,78 ± 11,96	62,93 ± 13,53	24,84 ± 18,90	56,22 ± 49,37	(-)139,84 ± 106,79
JE		52,48 ± 37,33	3,16 ± 2,96	49,31 ± 40,29	103,77 ± 129,77	(-)210,93 ± 161,98
QE		38,83 ± 28,00	3,65 ± 4,51	35,17 ± 28,20	93,66 ± 59,39	(-)101,71 ± 83,67
OE		100,23 ± 11,24	4,30 ± 6,93	95,93 ± 11,68	710,47 ± 160,25	(-)88,04 ± 67,99
CE		139,12 ± 7,82	28,00 ± 5,80	111,12 ± 10,79	356,30 ± 160,13	(-)1289,83 ± 222,04
PE	PPML	13,82 ± 30,31	(-)58,82 ± 11,30	72,64 ± 25,77	786,71 ± 495,60	(-)394,34 ± 175,79

PPAP= passe peito anteroposterior, PPML= passe peito médio lateral, TD= Tornozelo Direito, JD= Joelho Direito, QD= Quadril Direito, OD= Ombro Direito, CD= Cotovelo Direito, PD= Punho Direito, TE= Tornozelo Esquerdo, JE= Joelho Esquerdo, QE= Quadril Esquerdo, OE= Ombro Esquerdo, CE= Cotovelo Esquerdo, PE= Punho Esquerdo.

Nas análise do sistema de rastreamento de retina, Eye Tracking, nota-se na Tabela 6 que os sujeitos não focavam por muitas vezes a área de interesse em cada movimento, o sujeito numero 5 foi o que focalizou mais vezes a área de interesse com o valor mínimo de 1,67, já o sujeito numero 4 foi o que menos focalizou a área de interesse com uma mínima de 0,33.

Tabela 6 – Quantidade de visualizações para o aro na realização dos movimentos.

Sujeitos	Area de Interesse					
	Direita	Direita com Salto	Esquerda	Esquerda com Salto	Lance	Lance com Salto
1	2,00	0,33	1,33	1,67	0,33	1,00
2	2,00	1,00	1,33	1,33	2,33	1,00
3	0,33	0,00	1,33	1,67	0,67	2,33
4	2,00	1,33	0,33	0,67	1,33	0,33
5	4,00	1,67	3,00	2,00	3,33	2,33
Média	2,07	0,87	1,47	1,47	1,60	1,40
Desvio-padrão	1,30	0,69	0,96	0,51	1,23	0,89

Observa-se na tabela de quantidade de visualizações que a média dos arremessos com salto foi menor e igual a dos arremessos sem o salto. Direita com Salto 0,87, Esquerda com Salto 1,47, Lance com Salto 1,40, já sem o salto a quantidade de vezes foi superior e igual, Direita 2,07, Esquerda 1,47 e Lance com 1,60. Fica claro que os sujeitos quando arremessam saltando eles olham menos vezes para a área de interesse neste estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aconselha-se estudos com a mesma característica, mas com participação de mais sujeitos para uma análise quantitativa e qualitativa para avaliar se há diferenças significativas e estatísticas entre os sistemas. Esse estudo entre o sistema X sens e optoeletrônico serve de base para futuras análises, ambos são sistemas novos, que necessitaram da criação de roteiros e testes para coletas e análise dos dados, sendo realizada com sucesso a implementação dos sistemas para uso em pesquisa.

No sistema Optoeletrônico, com as análises do sistema X sens, foram criados roteiros para futuras coletas no programa Motive e roteiro para análises aos movimentos no programa Visual 3D, pelo qual são tabulados os dados de ângulos e velocidades.

Aconselha-se no sistema de rastreamento de retina análises com mais sujeitos e que inclua um estudo comparando com os arremessos convertidos e não convertido, para verificar se há diferenças significativas com o arremesso convertido ou não.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SPORT EDUCATION PROGRAM. *Ensinando Basquetebol para jovens*. 2 ed. Manole: São Paulo, 2000.

CORRÊA, S. C.; ORSELLI, M. I. V.; XAVIER, A. P.; SALLES, R.; CID, G. L.; GUIMARÃES, C. P. Kinematic fencing's analysis based on coach's criteria. In: 33rd International Conference on Biomechanics in Sports, 2015, Poitiers. Anais do 33rd International Conference on Biomechanics in Sports, 2015a.

CORREA, S. C.; ORSELI, M. I. V.; XAVIER, A. P.; SILVATTI, A. P.; CID, G. L.; GUIMARAES, C. P. Avaliação do Uso de Um Sistema Inercial de Análise do Movimento Para Estudo do Gesto Esportivo. In: XVI Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2015, Florianópolis. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2015b.

FERREIRA, A. E. X.; DE ROSE JUNIOR, D. *Basquetebol: técnicas e táticas: uma abordagem didático-pedagógica*. Editora Pedagógica e Universitária: São Paulo, 2003.

IZZO, R. E.; RUSSO, L.. Analysis of Biomechanical Structure and Passing Techniques in Basketball techniques in Basketball. *Timișoara Physical Education and Rehabilitation Journal*, v. 3, n. 6, 2011.

KORSAKAS, P.; ROMANO, R. G.; JÚLIO, U. F.; CORRÊA, S. C. Análise comparativa das variáveis angulares do lance livre em categorias de base do basquete masculino. In: XXVIII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 2005, São Paulo. Anais do XXVIII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 2005. p. 97.

MCGINNIS, Peter M. *Biomecânica do esporte e exercício*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

OKAZAKI, V. H. A.; RODACKI, A. L. F.; DEZAN, V. H.; SARRAF, T. A. Coordenação do arremesso de jump no basquetebol de crianças e adultos. *Revista Brasileira de Biomecânica*, a. 7, n. 12, 2006.

OKAZAKI, V. H. A.; RODACKI, A. L. F.; OKAZAKI, F. H. A. Biomecânica do arremesso de jump no basquetebol. *Revista Digital*, Buenos Aires, a. 11, n. 105, 2007.

OKAZAKI, V. H. A.; LAMAS, L.; OKAZAKI, F. A.; RODACKI, A. L. Efeito da distância sobre o arremesso no basquetebol desempenhado por crianças. *Motricidade*, v. 9, n. 2, p. 61-72, 2013.

ROMANO, R. G.; JULIO, U. F.; OLIVEIRA, E. S. Análise Biomecânica do padrão de movimento do lance livre no basquetebol na equipe mirim do Mackenzie. In: IV Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana e X Simpósio Paulista de Educação Física, 2005, Rio Claro - SP. Anais do IV Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana e X Simpósio Paulista de Educação Física, 2005.

WANG, J.; LIU, W.; BIAN, W. Relationship between perceived and actual motor competence among college students. *Perceptual & Motor Skills: Motor Skills & Ergonomics*, v. 116, n. 1, p. 272-279, 2013.

Contatos: cezarsdeoliveira@hotmail.com e soniacaco@gmail.com